

**UPAYA PENGURANGAN PRODUK CACAT PADA PROSES
CAPPING AQUA BOTOL 600 ML DENGAN METODE SIX SIGMA**

(Studi Kasus di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan)

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANNISA LARASATI

NIM. 145060701111085

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**UPAYA PENGURANGAN PRODUK CACAT PADA PROSES *CAPPING*
AQUA BOTOL 600 ML DENGAN METODE SIX SIGMA**

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANNISA LARASATI

NIM. 145060701111085

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 6 November 2018

Dosen Pembimbing

Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri



Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

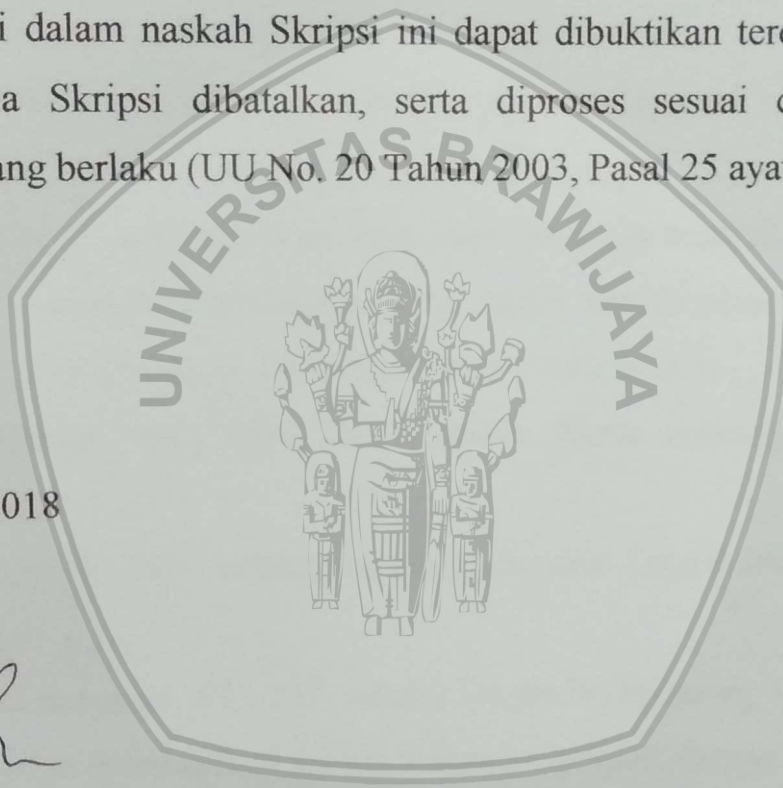
Malang, 5 November 2018

Mahasiswa



Annisa Larasati

NIM. 145060701111085



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Upaya Pengurangan Produk Cacat Pada Proses *Capping* AQUA Botol 600 ml dengan Metode *Six Sigma*”** dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

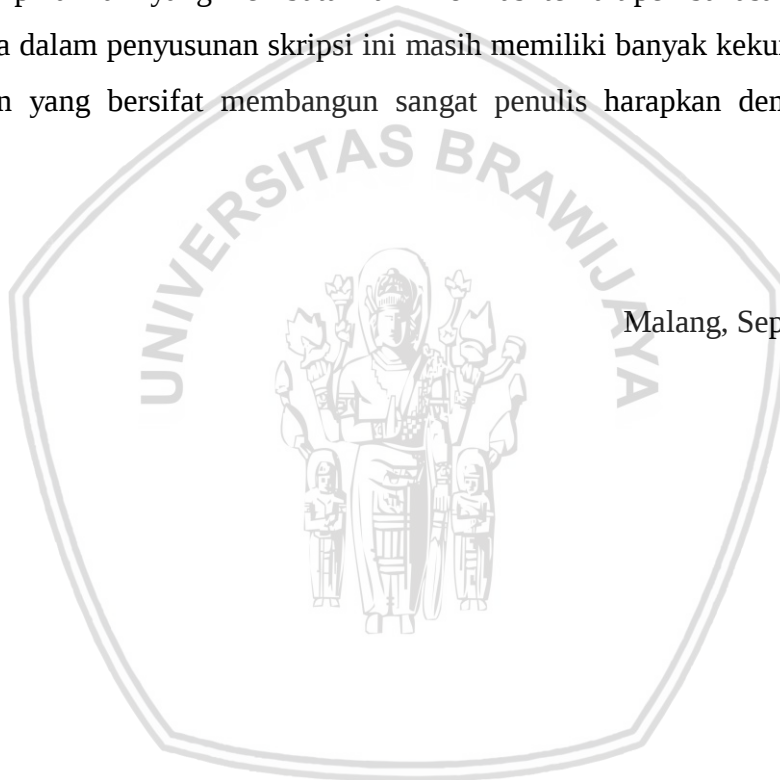
1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Kedua orang tua tercinta, atas dukungan baik moril maupun materiil dan doa yang tak pernah putus serta kedua kakak tercinta yang selalu memberikan semangat, canda tawa, kasih sayang serta dukungan yang tiada henti untuk penulis.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
4. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku sekretaris Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
5. Bapak Nasir Widha Setyanto, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Ibu Amanda Nur Cahyawati, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dan bimbingan selama perkuliahan.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Jurusan Teknik Industri yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis selama di bangku perkuliahan.
8. Seluruh Staf Kependidikan dan karyawan Jurusan Teknik Industri yang memberikan kelancaran dan kemudahan selama dunia perkuliahan.
9. Bapak FX.Agus Prasetyo selaku HRD Manager PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan.
10. Bapak Muhammad Nurun Nadhif selaku HRD PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan.
11. Bapak Muhammad Gigih, S.Psi. selaku pembimbing lapangan di perusahaan.
12. Ibu Riska Wahyu Nirmalasari selaku Supervisor *Quality Manufacturing Area* 4 di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan

13. Seluruh karyawan PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan khususnya *Manufacturing Area 4* bagian *Quality Control* atas bantuan, bimbingan, arahan, waktu serta dukungan yang diberikan selama proses pengerjaan skripsi.
14. Seluruh teman-teman Jurusan Teknik Industri angkatan 2014 yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
15. Pihak-pihak lain yang ikut membantu dalam terselesainya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan, masyarakat, serta pihak lain yang membutuhkan informasi terkait pembahasan ini. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini.

Malang, September 2018

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Asumsi Penelitian	5
1.6 Tujuan Penelitian	5
1.7 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terdahulu	9
2.2 Kualitas	11
2.3 Pengendalian Kualitas	12
2.4 <i>Six Sigma</i>	12
2.4.1 Konsep <i>Six Sigma</i>	12
2.4.2 Manfaat <i>Six Sigma</i>	13
2.4.3 Tahap-tahap dalam <i>Six Sigma</i>	14
2.4.3.1 <i>Define</i>	14
2.4.3.2 <i>Measure</i>	15
2.4.3.2.1 Perhitungan DPMO dan Level Sigma	15
2.4.3.2.2 Indeks Kapabilitas Proses	16
2.4.3.2.3 <i>Critical to Quality</i> (CTQ)	17
2.4.3.3 <i>Analyze</i>	17
2.4.3.4 <i>Improve</i>	17
2.4.3.5 <i>Control</i>	18
2.5 Diagram SIPOC	18

2.6	Alat Pengendalian Kualitas.....	19
2.6.1	Diagram Pareto	19
2.6.2	Diagram Sebab Akibat (<i>Fishbone Diagram</i>).....	20
2.6.3	Peta Kontrol (<i>Control Chart</i>).....	21
2.7	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	24
2.7.1	Pengertian FMEA	24
2.7.2	Manfaat FMEA	24
2.7.3	Elemen-elemen FMEA	25
2.8	<i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	27
BAB III	METODE PENELITIAN	29
3.1	Jenis Penelitian	29
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.3	Langkah-Langkah Penelitian.....	29
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	32
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	35
4.1.1	Lokasi Perusahaan	36
4.1.1.1	Lokasi Perusahaan (Pabrik).....	36
4.1.1.2	Lokasi Perusahaan Terhadap Bahan Baku	36
4.1.1.3	Lokasi Perusahaan Terhadap Transportasi.....	37
4.1.2	Visi, Misi, dan Budaya Perusahaan	37
4.1.3	Struktur Organisasi	38
4.1.4	Produk Perusahaan.....	40
4.2	Tahap <i>Define</i>	42
4.2.1	Analisis SIPOC	42
4.2.1.1	<i>Suppliers</i>	42
4.2.1.2	<i>Inputs</i>	43
4.2.1.3	<i>Processes</i>	45
4.2.1.4	<i>Output</i>	49
4.2.1.5	<i>Customer</i>	49
4.2.2	Identifikasi <i>Critical to Quality</i> (CTQ).....	49
4.2.3	Identifikasi Jenis Cacat	50
4.3	Tahap <i>Measure</i>	51
4.3.1	Pengumpulan Data	52

4.3.2 Peta Kontrol Data Atribut.....	52
4.3.3 <i>Defect per Million Opportunities</i> (DPMO) dan level sigma	54
4.3.4 Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses.....	54
4.4 Tahap <i>Analyze</i>	55
4.4.1 Analisis Cacat dengan Diagram Pareto	55
4.4.2 Analisis Diagram Sebab Akibat	56
4.4.2.1 Diagram Sebab Akibat Cacat Tanpa Tutup	57
4.4.2.2 Diagram Sebab Akibat Cacat Tutup Putus	59
4.4.2.3 Diagram Sebab Akibat Cacat Tutup Miring	61
4.4.2.4 Diagram Sebab Akibat Cacat Tutup Kurang Rapat	62
4.4.3 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	63
4.5 Tahap <i>Improve</i>	69
4.5.1 Penggunaan Mesin Inspeksi Otomatis.....	69
4.5.2 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	70
4.6 Analisis dan Pembahasan.....	79
BAB V PENUTUP	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	85



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah Produk Cacat AQUA Botol 600 ml Tahun 2017	2
Tabel 2.1	Perbandingan antara Penelitian Terdahulu dengan Penelitian ini	10
Tabel 2.2	Manfaat dari Pencapaian beberapa Tingkat Sigma	18
Tabel 2.3	Nilai <i>Severity</i>	25
Tabel 2.4	Nilai <i>Occurence</i>	26
Tabel 2.5	Nilai <i>Detection</i>	26
Tabel 4.1	Produk Perusahaan	41
Tabel 4.2	CTQ Proses <i>Capping</i> Produk AQUA Botol 600 ml	49
Tabel 4.3	Jenis Cacat pada Proses <i>Capping</i>	50
Tabel 4.4	Pengolahan Data Peta Kontrol P	52
Tabel 4.5	Pembuatan Diagram Pareto	55
Tabel 4.6	Tabel FMEA	64
Tabel 4.7	Rekap Nilai RPN untuk Setiap Jenis Cacat	65
Tabel 4.8	Bagian dan Fungsi Mesin Inspeksi Tutup Botol	67
Tabel 4.9	Penetapan <i>Range</i> Faktor	68
Tabel 4.10	Data Jumlah Produk Cacat	69
Tabel 4.11	Prosedur Perhitungan Pergerakan Level pada Metode <i>Steepest Descent</i>	71
Tabel 4.12	Perhitungan Pergerakan Level pada Metode <i>Steepest Descent</i>	71
Tabel 4.13	Pergerakan <i>Steepest Descent</i>	71
Tabel 4.14	Nilai Faktor Setelah <i>Steepest Descent</i>	72
Tabel 4.15	Nilai α untuk Masing-Masing Faktor	72
Tabel 4.16	Hasil Pengumpulan Data Model Orde Kedua	73

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Aliran proses produksi AQUA botol 600 ml	2
Gambar 2.1	Contoh diagram pareto.....	20
Gambar 2.2	Contoh <i>fishbone diagram</i>	21
Gambar 2.3	Contoh peta kontrol P	24
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 4.1	Struktur organisasi perusahaan	38
Gambar 4.2	Struktur organisasi <i>Manufacturing Area 4</i>	40
Gambar 4.3	Diagram SIPOC	42
Gambar 4.4	<i>Preform</i>	44
Gambar 4.5	Tutup botol.....	44
Gambar 4.6	Proses <i>filling</i>	46
Gambar 4.7	Proses <i>capping</i>	47
Gambar 4.8	Peta kontrol P.....	53
Gambar 4.9	Diagram pareto cacat proses <i>capping</i>	56
Gambar 4.10	Diagram sebab akibat cacat tanpa tutup.....	57
Gambar 4.11	<i>Closing cone</i>	59
Gambar 4.12	Diagram sebab akibat cacat tutup putus.....	60
Gambar 4.13	Diagram sebab akibat cacat tutup miring.....	61
Gambar 4.14	Diagram sebab akibat cacat tutup kurang rapat	62
Gambar 4.15	<i>Output</i> Minitab persamaan model orde pertama.....	73
Gambar 4.16	<i>Output</i> Minitab ANOVA model orde pertama	73
Gambar 4.17	<i>Output</i> Minitab persamaan model orde kedua	76
Gambar 4.18	<i>Output</i> Minitab ANOVA model orde kedua.....	77



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Cacat Proses <i>Capping</i> AQUA Botol 600 ml	85
------------	--	----



Halaman ini sengaja dikosongkan



RINGKASAN

Annisa Larasati, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, September 2018, *Upaya Pengurangan Produk Cacat Pada Proses Capping AQUA Botol 600 ml dengan Metode Six Sigma*, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto.

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Produk yang dihasilkan perusahaan sangat mempengaruhi kepercayaan konsumen. Oleh karena itu, perusahaan dituntut untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Penelitian dilakukan pada produk AQUA botol 600 ml karena mempunyai permintaan tertinggi sehingga paling sering diproduksi. Saat ini perusahaan masih banyak menghasilkan produk cacat. Persentase cacat yaitu sebesar 1,3%, dimana memiliki persentase 0,8% lebih tinggi dari target perusahaan sebesar 0,5%. Semakin tinggi produk cacat yang dihasilkan, maka akan semakin tinggi kerugian yang harus ditanggung oleh perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknik pengendalian kualitas untuk mengurangi tingginya tingkat cacat yang terjadi sehingga dapat meminimalisir kerugian yang harus ditanggung oleh perusahaan. Salah satu teknik pengendalian kualitas yang dapat dilakukan untuk mengurangi produk cacat adalah dengan metode *Six Sigma*.

Metode *Six Sigma* dilakukan dengan siklus *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC). Namun dalam penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap *improve*. Pada tahap *define* dilakukan analisis SIPOC, identifikasi *Critical to Quality* (CTQ), dan melakukan identifikasi jenis cacat. Pada tahap *measure* dilakukan pembuatan peta kontrol P, menghitung nilai DPMO, level sigma, dan indeks kapabilitas proses. Pada tahap *analyze* dilakukan analisis cacat dengan diagram pareto, analisis penyebab permasalahan kualitas dengan menggunakan diagram sebab akibat, dan menentukan prioritas perbaikan permasalahan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pada tahap *improve* dilakukan pemberian rekomendasi perbaikan untuk mengurangi tingkat cacat yang terjadi.

Hasil penelitian pada tahap *define* menunjukkan CTQ terdiri dari tutup botol terpasang dengan sempurna dan botol dalam keadaan baik. Setelah itu melakukan identifikasi jenis cacat pada proses *capping*. Pada tahap *measure* dengan membuat peta kontrol P menunjukkan cacat yang terjadi masih banyak yang berada di luar batas kendali. Nilai DPMO untuk cacat pada proses *capping* ini adalah sebesar 4.426,3. Sedangkan level sigma bernilai 4,12. Nilai kapabilitas proses yaitu 1,37. Artinya proses dianggap cukup mampu namun tetap diperlukan upaya perbaikan. Pada tahap *analyze* dilakukan pembuatan diagram pareto dari seluruh jenis cacat, dimana akan dipilih 80% jenis cacat yang sering terjadi. Cacat yang paling sering terjadi adalah cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat. Kemudian dilakukan pembuatan diagram sebab akibat untuk mengetahui akar penyebab permasalahan dari setiap jenis cacat. Setelah ini melakukan analisis potensi kegagalan menggunakan FMEA dengan memilih nilai RPN tertinggi dari setiap jenis cacat sebagai prioritas untuk diberikan rekomendasi perbaikan. Pada tahap *improve*, rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah melakukan inspeksi material tutup botol secara keseluruhan dengan menggunakan mesin inspeksi otomatis dan menentukan *setting* parameter mesin yang optimal menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Hasil RSM yang telah dilakukan maka diperoleh nilai optimum untuk *seal* torsi adalah sebesar 12,2 lb.in, nilai *band* torsi sebesar 17,6 lb.in, dan nilai *pressure closing cone* sebesar 2,5 bar.

Kata Kunci: Pengendalian kualitas, *Six sigma*, *Critical to Quality*, Peta Kontrol P, DPMO, Level Sigma, Diagram Sebab Akibat, FMEA.



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Annisa Larasati, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, September 2018, Efforts to Reducing Defect Product in the Capping Process of AQUA 600 ml Using Six Sigma Method, Academic supervisor: Nasir Widha Setyanto.

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan is a company that produces bottled drinking Water. Creating quality products will continue to be the most important thing to customers. Company must pay attention to the quality of the product. The study was carried out on AQUA 600 ml product because it has the highest demand so it is most commonly produced. Currently the company still produces many defect products. Percentage of defect is 1.3%, which has a percentage of 0.8% higher than the company's target of 0.5%. The higher the defective product produced, the higher the loss that must be borne by the company. Therefore, a quality control technique is needed to reduce the high level of defects that occur so as to minimize losses that must be borne by the company. One of the quality control techniques that can be use to reduce defect products is the Six Sigma method.

The Six Sigma method consists of five phase: Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC). But in this study only until the improve phase. In the define phase, SIPOC analysis, Critical to Quality (CTQ) identification, and identification of defects in the capping process. In the measure phase, the control P chart is made, calculating the DPMO value, sigma level, and process capability index. In the analyze phase defect analysis is performed with pareto diagram, analysis of the causes of quality problems by using a cause and effect diagram, and determining the priority of fixing problems with Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). In the improve phase, a recommendation is given to improve the level of defects.

The results of the research in the define phase show that CTQ consists of a perfectly fitted bottle cap and a bottle in good condition. After that, identify the type of defect attribute in the capping process. In the measure phase by making a control P chart shows that there are still many defects that are out of control. The DPMO value for defective attributes in this capping process is 4,426.3. While the sigma level is worth 4,12. The value of process capability is 1,37. This means that the process is considered sufficiently capable but still needs improvement efforts. In the analyze phase, a pareto diagram is made of all types of defects, where 80% of the types of defects are often chosen. The most common defects are defects without a lid, close break, close slant, and close tightly. Then the cause and effect diagram is made to find out the root cause of the problem of each type of defect. After that, analyze the potential failure using FMEA by selecting the highest RPN value from each type of defect as a priority to be given improvement recommendations. In the improve phase, the recommended improvement is to inspect the bottle cap material as a whole using an automatic inspection machine and determine the optimal engine parameter settings using Response Surface Methodology (RSM). RSM results that have been done then obtained the optimum value for seal torque is 12.2 lb.in, the band torque value is 17,6 lb.in, and the pressure closing cone value is 2.5 bar.

Keywords: Quality Control, Six Sigma, Critical to Quality, Control P Chart, DPMO, Sigma Level, Cause and Effect Diagram, FMEA.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

Sebuah penelitian dilakukan karena memiliki latar belakang. Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang dilakukannya penelitian. Setelah itu dilakukan identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

1.1 Latar Belakang

Kualitas adalah ciri khas yang melekat pada suatu produk. Kualitas menjadi salah satu faktor terpenting yang dipertimbangkan oleh konsumen dalam membeli suatu produk. Setiap perusahaan dituntut untuk dapat menciptakan produk yang berkualitas agar mampu membuat konsumen merasa puas dengan produk yang dihasilkan. Jika konsumen puas maka tercipta kepercayaan konsumen pada suatu produk dan konsumen mau untuk membeli lagi produk yang dijual oleh perusahaan.

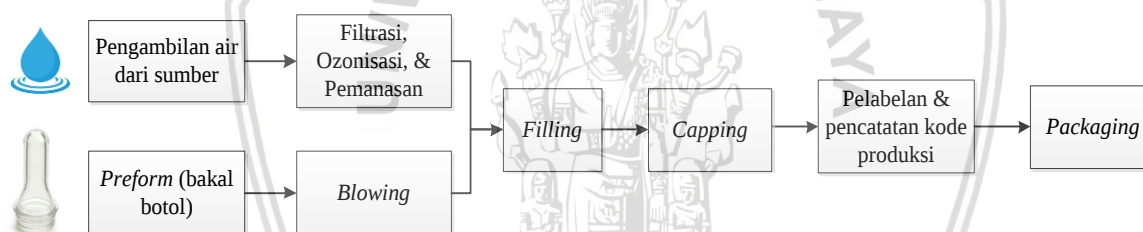
Seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap air mineral, maka semakin meningkat pula jumlah perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Hal ini menyebabkan terjadinya persaingan yang ketat antar perusahaan tersebut. Oleh karena itu, perusahaan harus mampu bersaing dan berkembang demi mempertahankan eksistensinya. Salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi AMDK adalah PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan. AQUA merupakan perusahaan pertama yang menciptakan produk AMDK di Indonesia.

Dalam melakukan proses produksi AMDK, seringkali produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan, misalnya ada botol yang bocor, tutup botol kurang rapat, dan volume nya kurang. Sehingga produk cacat ini tidak dapat disalurkan kepada konsumen. PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan sangat menjaga kualitas produk dimana perusahaan memiliki standar kualitas baik dari kualitas air maupun kualitas setiap kemasan yang diproduksi. Hal ini dilakukan karena air mineral merupakan produk yang dikonsumsi untuk diminum dan terserap masuk ke dalam tubuh manusia, jadi harus terjamin kualitasnya. Oleh karena itu diperlukan suatu tindakan perbaikan untuk mengurangi produk cacat yang terjadi selama proses produksi.

Produk yang dihasilkan oleh PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan diantaranya adalah AQUA cup 240 ml, AQUA botol 600 ml, AQUA botol 750 ml, AQUA botol 1500 ml, dan

AQUA Gallon 19 liter. Dari seluruh produk yang dihasilkan oleh perusahaan, AQUA botol 600 ml adalah produk yang memiliki permintaan tertinggi selama tahun 2017. Sehingga AQUA botol 600 ml adalah produk yang paling sering diproduksi. Jadi penelitian ini hanya dilakukan pada produk AQUA botol 600 ml saja.

Proses produksi AQUA botol 600 ml dimulai dari pengambilan air pada sumber mata air, kemudian dilakukan proses pengolahan air yang terdiri dari filtrasi, ozonisasi, serta pemanasan dengan sinar Ultraviolet (UV). Botol plastik berasal dari bakal botol (*preform*) yang diperoleh perusahaan melalui *supplier*. Setelah itu *preform* dilakukan proses *blowing* agar botol mengembang. Proses selanjutnya adalah proses *filling* air atau pengisian air yang dimasukkan ke dalam botol dan langsung dilakukan proses *capping* atau pemasangan tutup botol agar tidak terkontaminasi dengan kotoran maupun material lain. Tahap berikutnya yaitu memberikan label pada botol serta pencatatan kode produksi pada botol dan tutup botol. Kemudian dilakukan proses *packaging* dimana dalam 1 box *packaging* terdiri dari 24 AQUA botol 600 ml. Untuk mengetahui gambaran proses produksi AQUA botol 600 ml secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Aliran proses produksi AQUA botol 600 ml

Terdapat 5 klasifikasi utama jenis cacat pada produk AQUA botol 600 ml, yaitu cacat pada proses *blowing*, cacat pada proses *filling*, cacat pada proses *capping*, cacat pada proses *labelling*, dan cacat pada proses *packaging*. Berikut merupakan Tabel 1.1 yang menunjukkan jumlah produk cacat pada proses produksi AQUA botol 600 ml selama tahun 2017.

Tabel 1.1

Jumlah Produk Cacat AQUA Botol 600 ml Tahun 2017

Bulan	Jumlah Produksi	Proses					Jumlah Cacat	Persentase Cacat
		<i>Blowing</i>	<i>Filling</i>	<i>Capping</i>	<i>Labelling</i>	<i>Packaging</i>		
1	9.112.176	20.695	23.601	50.726	11.618	8.605	115.245	1,26%
2	2.641.920	15.827	14.836	48.201	9.262	7.731	95.857	3,63%
3	11.700.480	16.672	29.140	51.611	9.221	14.488	121.132	1,03%
4	11.701.080	19.418	27.016	54.807	12.582	8.350	122.173	1,04%
5	11.454.720	18.590	27.929	56.297	18.693	9.841	131.350	1,15%
6	8.152.320	18.403	28.110	44.045	9.722	9.812	110.092	1,35%
7	7.392.000	9.808	24.020	52.619	7.410	5.139	98.996	1,34%
8	7.725.120	9.583	19.494	49.133	7.629	5.875	91.714	1,19%
9	9.394.080	12.330	13.390	54.574	6.365	6.642	93.301	0,99%

Bulan	Jumlah Produksi	Proses					Jumlah Cacat	Persentase Cacat
		<i>Blowing</i>	<i>Filling</i>	<i>Capping</i>	<i>Labelling</i>	<i>Packaging</i>		
10	11.030.184	17.118	28.104	46.743	5.999	6.705	104.669	0,95%
11	12.984.960	20.309	21.969	58.361	8.263	8.677	117.579	0,91%
12	11.947.200	16.481	35.455	45.267	6.961	7.979	112.143	0,94%
Total	115.236.240	195.234	293.064	612.384	113.725	99.844	1.314.251	1,32%

Sumber: PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan

Perusahaan memiliki target berupa persentase maksimal produk cacat. Standar produk cacat yang ditetapkan perusahaan adalah maksimal sebesar 0,5%. Dari Tabel 1.1 dapat diketahui bahwa persentase cacat yang dihasilkan perusahaan sebesar 1,32%. Artinya, saat ini jumlah produk cacat yang dihasilkan perusahaan belum sesuai target karena melebihi standar yang ditetapkan oleh perusahaan.

Dari Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa jenis cacat yang paling sering terjadi adalah cacat pada proses *capping*. Jumlah cacat pada proses *capping* selama tahun 2017 adalah sebesar 612.384 unit. Oleh karena itu, pada penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi cacat pada proses *capping* sehingga nantinya jumlah produk cacat pada proses *capping* dapat berkurang.

Sebagai perusahaan besar yang telah memiliki 17 pabrik yang tersebar di seluruh Indonesia, AQUA sudah melakukan berbagai upaya untuk mengurangi jumlah produk cacat. Diantaranya adalah dengan melakukan pencatatan jumlah produk cacat berdasarkan klasifikasi tertentu agar mudah diidentifikasi penyebab dan perbaikan yang harus dilakukan. PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan juga telah melakukan *maintenance* mesin secara rutin dan memberikan pelatihan kepada seluruh karyawan sebelum terjun langsung dalam aktivitas proses produksi. Namun upaya ini masih belum dapat maksimal dalam menurunkan jumlah produk cacat pada proses produksi AQUA botol 600 ml, karena jumlah produk cacat yang dihasilkan masih tinggi.

Produk cacat yang dihasilkan selama proses produksi merupakan kerugian bagi perusahaan. Tutup botol dan botol yang cacat akan diserahkan kepada pihak luar perusahaan untuk dilakukan pengolahan limbah plastik, dimana proses tersebut pasti memerlukan waktu dan biaya tambahan. Sedangkan air mineral dari produk cacat tadi akan ditampung dalam sebuah bak untuk kemudian diolah dengan Instalasi Penanganan Air Limbah (IPAL) menjadi air yang dapat dimanfaatkan. Label pada botol yang cacat harus dibuang, karena tidak dapat dipakai lagi, sehingga menyebabkan perusahaan harus menanggung biaya kerugian akibat produk yang cacat. Selain itu, dengan tingginya jumlah produk cacat, maka akan semakin tinggi pula biaya produksi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan, seperti inspeksi, *rework*,

dan *maintenance*. Oleh karena itu, diperlukan suatu tindakan pengendalian kualitas untuk mengurangi jumlah produk cacat pada produk AQUA botol 600 ml. Salah satu metode pengendalian kualitas yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah produk cacat adalah dengan metode *Six Sigma*.

Six Sigma merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986. Berdasarkan survei yang dilakukan di Amerika Serikat menunjukkan bahwa *Six Sigma* mampu memberikan manfaat seperti peningkatan keuntungan, peningkatan kapasitas, penghematan biaya tenaga kerja, dan penurunan penggunaan modal operasional. Sehingga metode ini merupakan metode yang tepat untuk digunakan dalam upaya pengurangan produk cacat.

Metode *Six Sigma* dilakukan dengan menggunakan siklus *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC), dimana siklus DMAIC bertujuan untuk menemukan permasalahan, mengidentifikasi penyebab masalah, hingga akhirnya menemukan solusi atau cara untuk memperbaiki permasalahan tingginya tingkat cacat pada perusahaan. Dalam tahapan analisis dilakukan identifikasi dan pencegahan mode kegagalan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA dapat mengidentifikasi potensi-potensi kegagalan dengan menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang merupakan hasil kali dari *Severity, Occurrence*, dan *Detection*. Pada penelitian ini diberikan rekomendasi perbaikan kepada perusahaan sebagai upaya untuk mengurangi jumlah produk cacat pada proses produksi AQUA botol 600 ml serta agar dapat memberikan peningkatan kualitas produk.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang ada pada perusahaan, yaitu:

1. Proses produksi AQUA botol 600 ml di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan memiliki tingkat persentase cacat yang tinggi.
2. Perusahaan telah melakukan upaya dalam menurunkan tingkat produk cacat, namun belum berjalan dengan maksimal.

1.3 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Apa saja *Critical to Quality* (CTQ) pada proses *capping* AQUA botol 600 ml?

2. Berapa nilai *Defect per Million Opportunities* (DPMO) dan level sigma untuk cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml?
3. Apa faktor yang dapat menyebabkan tingginya jumlah produk cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml?
4. Bagaimana upaya perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi produk cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml?

1.4 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Objek yang diteliti hanya pada produk AQUA botol 600 ml.
2. Penelitian hanya untuk *line* produksi 3 dan pada proses *capping* saja.
3. Metode *Six Sigma* yang digunakan adalah dengan siklus DMAIC, namun pada penelitian ini hanya sampai pada tahap DMAI.
4. *Improvement* yang diberikan dari penelitian ini berupa rekomendasi perbaikan.

1.5 Asumsi penelitian

Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Proses produksi berjalan dengan optimal.
2. Tidak ada perubahan yang terjadi pada proses produksi.

1.6 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari dilakukannya penelitian ini:

1. Mengidentifikasi CTQ pada proses *capping* AQUA botol 600 ml.
2. Menghitung nilai DPMO dan mengukur level sigma pada proses *capping* AQUA botol 600 ml.
3. Melakukan analisis faktor penyebab terjadinya cacat dengan menggunakan FMEA.
4. Memberikan rekomendasi sebagai upaya untuk mengurangi jumlah produk cacat dengan konsep *Six Sigma*.

1.7 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini:

1. Perusahaan dapat menerapkan rekomendasi perbaikan yang diusulkan oleh peneliti dalam upaya untuk mengurangi jumlah produk yang cacat serta dapat memberikan informasi tambahan mengenai aplikasi *Six Sigma* yang ada pada perusahaan.

2. Sebagai sarana untuk memperluas wawasan dan mengimplementasikan ilmu serta teori yang didapatkan penulis selama di bangku perkuliahan serta menambah pengalaman di bidang penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan sebuah penelitian diperlukan referensi keilmuan yang digunakan sebagai landasan atau dasar teori dalam penelitian. Referensi keilmuan berhubungan dengan teori dan konsep yang dilakukan pada penelitian. Pada bab ini dibahas mengenai referensi keilmuan yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan dalam melakukan penyusunan penelitian ini. Berikut merupakan ringkasan dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Fridyawati, Fighi (2015) melakukan penelitian untuk meminimalkan produk cacat. Metode *Six Sigma* yang digunakan hanya sampai pada tahap *improve*. Pada tahap *define* dilakukan identifikasi komponen produk yang memiliki jumlah cacat terbesar yaitu *cover*. Pada tahap *measure* menentukan *critical to quality* (CTQ), membuat peta kontrol P, perhitungan nilai DPMO dan level sigma dan mengukur kapabilitas proses. Setelah itu pada tahap *analyze* dilakukan pembuatan diagram sebab akibat untuk menentukan masalah utama sebagai prioritas untuk diberikan rekomendasi perbaikan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tahap terakhir memberikan rekomendasi perbaikan. Hasil penelitian diperoleh 4 CTQ yaitu cacat *printing*, cacat *cutting*, cacat *stamping*, dan cacat *curling*. Berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) didapatkan 8 rekomendasi perbaikan.
2. Rahman, Faisal (2016) melakukan penelitian dengan menganalisis hasil identifikasi *defect* pada produk *holder motor* dengan pendekatan metode *Six Sigma*-triz. Metode *Six Sigma* yang digunakan hanya pada tahap *Define*, *Measure*, *Analyze*, dan *Improve*. Pada tahap *define* dilakukan identifikasi CTQ untuk mengetahui atribut utama dari kebutuhan konsumen dan dilakukan pembuatan diagram pareto untuk memprioritaskan cacat yang akan dianalisis lebih lanjut pada tahapan selanjutnya. Dalam tahap *improve* dilakukan dengan metode TRIZ yang digunakan untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas produk *holder motor* dengan menganalisis faktor-faktor penyebab produk cacat serta memberikan rekomendasi perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 CTQ, dengan nilai DPMO sebesar 29.119,9, level sigma 3,39 dan nilai kapabilitas proses sebesar 1,13. Sedangkan rekomendasi perbaikan yang

diberikan yaitu melakukan proses pendinginan secara terpisah, memberikan jeda istirahat kepada operator yang bertugas untuk duduk maupun mencuci muka (bila diperlukan) secara berkala, dan menggunakan alat *press* dalam melakukan proses penutupan *lid* pada *holder motor*.

3. Sari, Asmaning Ayu Dewi (2016) melakukan penelitian sebagai upaya pengurangan *defect* pada proses mesin *flexo* produk *corrugated carton box*. Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan siklus DMAI dengan menggunakan diagram SIPOC, identifikasi CTQ, menghitung DPMO, membuat *control chart*, analisis kapabilitas proses, diagram sebab akibat, dan FMEA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 5 CTQ. Nilai DPMO sebesar 581.498 dan level sigma sebesar 1,3, dan nilai kapabilitas proses untuk *defect printing* adalah 0,43. Faktor penyebab utama *defect* adalah faktor mesin, faktor manusia, dan faktor material. Langkah perbaikan yang dilakukan adalah melakukan *briefing* setiap minggu, perbaikan SOP pada kasi, pemberlakuan sistem *reward and punishment*, serta pembuatan kontrol pengecekan dengan menggunakan *check sheet* pada beberapa item/bagian dari Mesin *Flexo*.

Berikut merupakan perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1

Perbandingan antara Penelitian Terdahulu dengan Penelitian ini

Peneliti	Objek Penelitian	Tahapan <i>Six Sigma</i>			
		<i>Define</i>	<i>Measure</i>	<i>Analyze</i>	<i>Improve</i>
Fridyawati (2015)	Komponen <i>cover</i> bedak Herocyn 75 gr di PT Kedaung Indah Can	-Identifikasi jumlah cacat terbesar	-Menentukan CTQ -Membuat peta kontrol P -Perhitungan nilai DPMO	-Diagram sebab akibat -Metode FMEA	-Rekomendasi perbaikan
Rahman (2016)	Cacat pada <i>holder motor</i> di PT Tamano Indonesia	-Identifikasi CTQ -Diagram Pareto	-Menghitung DPMO -Menghitung nilai sigma -Menghitung kapabilitas proses	- <i>Root Cause Analysis</i>	- <i>Contradiction Matrix</i> -40 <i>inventive principle</i>
Sari (2016)	Proses mesin <i>flexo</i> pada produk <i>corrugated carton box</i> di PT Surindo Teguh Gemilang	-Diagram SIPOC -Identifikasi CTQ	-Menghitung DPMO -Membuat <i>Control Chart</i> -Analisis Kapabilitas Proses	-Diagram sebab akibat	- Rekomendasi perbaikan dengan Metode FMEA

Peneliti	Objek Penelitian	Tahapan Six Sigma			
		<i>Define</i>	<i>Measure</i>	<i>Analyze</i>	<i>Improve</i>
Penelitian ini	Proses <i>filling</i> AQUA botol 600 ml di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan	-Analisis SIPOC -Identifikasi CTQ -Identifikasi jenis cacat	-Peta Kontrol P -Menghitung DPMO & level sigma -Indeks kapabilitas proses	-Analisis Cacat dengan Diagram Pareto -Diagram Sebab Akibat -FMEA	-Rekomendasi perbaikan

2.2 Kualitas

Dalam menentukan pilihan terhadap produk atau jasa, konsumen akan mempertimbangkan kualitas dari produk atau jasa tersebut. Menurut ISO 8402 dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991), kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.

Menurut Russel (1996), kualitas memiliki dua perspektif, yaitu perspektif produsen dan perspektif konsumen, dimana bila kedua hal tersebut disatukan maka akan dapat tercapai kesesuaian antara kedua sisi tersebut yang dikenal sebagai kesesuaian untuk digunakan oleh konsumen.

Menurut Garvin (1996) yang dikutip Jasfar (2005), dalam industri manufaktur terdapat beberapa dimensi kualitas yaitu:

1. *Performance*, yaitu kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri atau karakteristik operasi dari suatu produk.
2. *Feature*, yaitu ciri khas produk yang membedakan dari produk lain yang merupakan karakteristik pelengkap dan mampu menimbulkan kesan yang baik bagi pelanggan.
3. *Reliability*, yaitu kepercayaan pelanggan terhadap produk karena keandalannya atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah.
4. *Conformance*, yaitu kesesuaian produk dengan syarat atau ukuran tertentu atau sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan.
5. *Durability*, yaitu tingkat ketahanan/awet produk atau lama umur produk.
6. *Serviceability*, yaitu kemudahan produk itu bila akan diperbaiki atau kemudahan memperoleh komponen produk tersebut.
7. *Aesthetic*, yaitu keindahan atau daya tarik produk tersebut.

8. *Perception*, yaitu fanatisme konsumen akan merek suatu produk tertentu karena citra atau reputasi produk itu sendiri.

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah aktivitas pengendalian proses untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan perbaikan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara kondisi dari suatu produk dengan standar. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mengendalikan kualitas produk atau jasa agar dapat memuaskan konsumen. Pengendalian kualitas statistik merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya, menurunkan cacat, atau meningkatkan kualitas pada proses manufaktur. Menurut Purnomo (2004), Aktivitas pengendalian kualitas pada umumnya meliputi kegiatan-kegiatan berikut.

1. Pengamatan terhadap performansi produk atau proses
2. Membandingkan performansi yang ditampilkan dengan standar yang berlaku
3. Mengambil tindakan bila terdapat penyimpangan-penyimpangan yang cukup signifikan dan jika perlu dibuat tindakan-tindakan untuk mengoreksinya

Manajemen perusahaan di dalam kegiatannya mengendalikan kualitas berusaha agar produknya sesuai dengan apa yang telah ditentukan. Dengan melakukan pengendalian kualitas diharapkan dapat mencapai tujuan (Assauri, 1993: 274), yaitu:

1. Agar *output* dapat mencapai standar mutu yang telah ditetapkan
2. Mengusahakan agar biaya inspeksi menjadi rendah
3. Mengusahakan agar biaya desain produk dan proses menjadi rendah
4. Mengusahakan agar biaya kualitas menjadi rendah

2.4 Six Sigma

Strategi penerapan *Six Sigma* yang diciptakan oleh DR. Mikel Harry dan Richard Schroeder disebut sebagai *The Six Sigma Breakthrough Strategy*. Strategi ini merupakan metode sistematis yang menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk menentukan sumber-sumber variasi dan cara-cara untuk menghilangkannya (Harry dan Schroeder, 2000).

2.4.1 Konsep Six Sigma

Six Sigma dijadikan alat ukur untuk menciptakan metode atau strategi yang tepat dalam proses transaksi antara pihak produsen dan konsumen. *Six Sigma* juga menerapkan strategi

atau terobosan dalam perusahaan yang memungkinkan perusahaan tersebut dapat maju dan meningkat pesat tingkat produktivitasnya (Gaspersz, 2002: 64).

Metode ini disusun berdasarkan sebuah metodologi penyelesaian masalah yang sederhana DMAIC yang merupakan singkatan dari *define* (merumuskan), *measure* (mengukur), *analyze* (menganalisis), *improve* (meningkatkan atau memperbaiki), dan *control* (mengendalikan) yang menggabungkan bermacam-macam perangkat statistik serta pendekatan perbaikan proses lainnya. Pada dasarnya pelanggan akan merasa puas apabila mereka menerima nilai yang diharapkan mereka. Apabila produk diproses pada tingkat kualitas *Six Sigma* maka perusahaan boleh mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan atau mengharapkan bahwa 99,9997% dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk tersebut.

2.4.2 Manfaat Six Sigma

Berikut merupakan beberapa manfaat bagi perusahaan dengan diterapkannya *Six Sigma* (Pande, 2000:12), yaitu:

1. Menghasilkan sukses berkelanjutan

Cara untuk melanjutkan pertumbuhan dan tetap menguasai pertumbuhan pasar yang aman adalah terus menerus berinovasi. *Six Sigma* merupakan upaya untuk melakukan perbaikan secara terus menerus (*continuous improvement*).

2. Mengatur tujuan kinerja bagi setiap orang

Dalam sebuah perusahaan, setiap orang bekerja dengan memiliki tujuan yang sama. *Six Sigma* merupakan alat untuk menciptakan sebuah tujuan yang konsisten yaitu kesempurnaan 99,9997% atau 3,4 cacat dalam sejuta peluang.

3. Memperkuat nilai pada pelanggan

Dengan persaingan yang ketat di setiap industri, hanya produk yang memiliki kualitas terbaik yang dapat diterima oleh pelanggan. Fokus pada pelanggan adalah inti dari *Six Sigma* dengan mempelajari nilai yang diinginkan oleh pelanggan terhadap produk.

4. Mempercepat tingkat perbaikan

Perusahaan yang mampu melakukan perbaikan dengan cepat dapat memenangkan persaingan di pasar. Dengan menggunakan *Six Sigma* membantu perusahaan untuk tidak hanya meningkatkan kinerjanya tetapi juga meningkatkan perbaikan.

5. Mempromosikan pembelajaran dan “*cross polination*”

Six Sigma merupakan sebuah pendekatan yang dapat meningkatkan dan mempercepat pengembangan dan penyebaran ide-ide baru dalam sebuah organisasi. Orang-orang

yang terlatih dengan keahlian dalam banyak proses serta kemampuan dalam mengelola dan memperbaiki proses dapat dipindahkan ke divisi lain dengan kemampuan untuk menerapkan proses dengan lebih cepat. Ide-ide mereka dibagikan sehingga kinerja mudah untuk dibandingkan.

6. Melakukan perubahan strategi

Dengan lebih mendalami proses dan prosedur perusahaan akan memberikan kemampuan yang lebih besar untuk melakukan penyesuaian-penyesuaian kecil maupun perubahan-perubahan besar yang dituntut oleh proses bisnis.

2.4.3 Tahap-tahap dalam Six Sigma

Menurut Gaspersz (2002:8), terdapat 5 tahapan dalam proses *Six Sigma*, yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control* (DMAIC) yang merupakan proses untuk peningkatan terus menerus menuju target *Six Sigma* dengan mengurangi kecacatan..

2.4.3.1 Define

Tahap *Define* merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini kita perlu mendefinisikan beberapa hal diantaranya:

1. Kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*
2. Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma*
3. Kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*
4. Proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya
5. Kebutuhan spesifik dari pelanggan
6. Pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*

2.4.3.2 Measure

Measure merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Tahap ini dilakukan dengan memilih dan mengidentifikasi karakteristik kualitas dalam suatu produk, mengembangkan rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, atau *outcome*, dan menyediakan sebuah kesimpulan untuk sebuah evaluasi yang dilakukan untuk beberapa karakteristik yang didasarkan pada pengumpulan data observasi. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure*, yaitu:

1. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan

2. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome*
3. Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *output* dan/atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*) pada awal proyek *Six Sigma*

Menurut Gaspersz (2002:96), pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat yaitu:

1. Pengukuran pada tingkat proses (*process level*) adalah mengukur setiap langkah atau aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas *input* yang diserahkan oleh pemasok yang mengendalikan dan mempengaruhi karakteristik kualitas *output* yang diinginkan.
2. Pengukuran pada tingkat *output* (*output level*) adalah mengukur karakteristik kualitas *output* yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan terhadap spesifikasi karakteristik kualitas yang diinginkan oleh pelanggan.
3. Pengukuran pada tingkat *outcome* (*outcome level*) adalah mengukur bagaimana baiknya suatu produk (barang atau jasa) itu memenuhi kebutuhan spesifik dan ekspektasi rasional pelanggan. Pengukuran pada tingkat *outcome* merupakan tingkat tertinggi dalam pengukuran kinerja kualitas.

2.4.3.2.1 Perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan Level Sigma

DPMO adalah ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Namun sebelum dilakukan perhitungan DPMO, perlu dilakukan perhitungan untuk mencari nilai DPO (*Defect per Opportunity*). DPO adalah suatu ukuran kegagalan yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan. Target dari pengendalian kualitas *Six Sigma* diinterpretasikan sebagai dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik *Critical to Quality* (CTQ) adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan (Gaspersz, 2002:7). Setelah nilai DPMO diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai level sigma. Rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai DPMO dan level sigma yaitu:

1. Nilai DPO (*Defect per Opportunity*)

$$DPO = \frac{\text{Banyak produk cacat}}{\text{Jumlah produk yang diproduksi} \times \text{CTQ}} \quad (2-1)$$

Sumber: Gaspersz (2002:6)

2. Perhitungan DPMO (*Defect per Million Opportunities*)

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2-2)$$

Sumber: Gaspersz (2002:6)

3. Perhitungan level sigma dengan *Microsoft Excel*

$$\text{Level sigma} = \text{normsinv} \left(\frac{1.000.000 - \text{DPMO}}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (2-3)$$

Sumber: Gaspersz (2002:126)

2.4.3.2.2 Indeks Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah kemampuan proses untuk memproduksi *output* sesuai dengan ekspektasi kebutuhan pelanggan. Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan (Gaspersz, 2002). Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six Sigma* ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Sebaliknya apabila proses memiliki kapabilitas yang jelek, proses itu akan menghasilkan banyak produk yang di luar batas-batas spesifikasi sehingga menimbulkan kerugian karena produk akan ditolak.

Sedangkan analisis kapabilitas proses adalah suatu kegiatan pemeriksaan *variability* dari suatu proses untuk memproduksi *output* yang sesuai dengan *range* variasi yang dispesifikasikan. Tujuan dari dilakukannya analisis kapabilitas proses adalah:

1. Memprediksi variabilitas proses yang ada
2. Memilih diantara proses-proses yang paling tepat atau memenuhi toleransi
3. Menyediakan dasar kuantitatif untuk menyusun jadwal pengendalian proses dan penyesuaian secara periodik
4. Menguji teori mengenai penyebab kesalahan selama program perbaikan kualitas
5. Memberikan pelayanan sebagai dasar untuk menentukan syarat kinerja kualitas untuk mesin-mesin yang ada

Indeks kapabilitas proses (C_p) dihitung menggunakan rumus 2-4:

$$C_p = \frac{\text{level sigma}}{3} \quad (2-4)$$

Sumber: Park (2003:23)

Dimana kriteria penilaian adalah:

Jika $C_p > 1,33$, maka kapabilitas proses sangat baik

Jika $1,00 \leq C_p \leq 1,33$, maka kapabilitas proses baik

Jika $C_p < 1,00$, maka kapabilitas proses rendah

2.4.3.2.3 Critical to Quality (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) adalah atribut-atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan, dimana CTQ merupakan elemen dari suatu produk, proses, atau praktik-praktik yang berdampak langsung pada kepuasan pelanggan (Gaspersz, 2002:6). CTQ dapat digunakan untuk mengidentifikasi proses atau produk yang akan diperbaiki untuk menterjemahkan permintaan pelanggan.

2.4.3.3 Analyze

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Menentukan stabilitas (*stability*) dan kapabilitas/kemampuan (*capability*) dari proses
2. Menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*
3. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan
4. Mengkonversikan banyak kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas (*cost of poor quality*)

2.4.3.4 Improve

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penerapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu aktivitas yang penting dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang berarti bahwa dalam tahap ini tim peningkatan kualitas *Six Sigma* harus memutuskan apa yang harus dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan), alasan kegunaan (mengapa) rencana tindakan itu harus dilakukan, dimana rencana tindakan itu akan ditetapkan atau dilakukan, bilamana rencana tindakan itu akan dilakukan, siapa yang akan menjadi penanggung jawab dari rencana tindakan itu, bagaimana melaksanakan rencana tindakan itu, dan berapa besar biaya untuk melaksanakan rencana tindakan itu serta manfaat positif yang diterima dari implementasi rencana tindakan itu.

Tim proyeksi *Six Sigma* telah mengidentifikasi sumber-sumber dan akan penyebab masalah kualitas sekaligus memonitor efektivitas dari rencana tindakan yang dilakukan sepanjang waktu. Efektivitas dari rencana tindakan yang dilakukan akan tampak dalam penurunan persentase biaya kegagalan kualitas yaitu *Cost of Poor Quality* (COPQ) terhadap nilai penjualan total sejalan dengan meningkatkan kapabilitas proses. Setiap rencana yang

diimplementasikan harus dievaluasi tingkat efektivitasnya melalui pencapaian target kinerja dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yaitu menurunkan DPMO menuju target *zero defect* atau mencapai tingkat kapabilitas proses pada tingkat yang lebih besar atau sama dengan 6 sigma, serta mengkonversi manfaat hasil-hasil ke dalam penurunan biaya kegagalan kualitas.

Manfaat dari peningkatan kualitas yang diukur berdasarkan persentase antara COPQ terhadap penjualan ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2

Manfaat dari Pencapaian beberapa Tingkat Sigma

Tingkat pencapaian sigma	DPMO	COPQ
1 sigma	691.462 (sangat tidak kompetitif)	Tidak dapat dihitung
2 sigma	308.536 (rata-rata industri Indonesia)	Tidak dapat dihitung
3 sigma	66.807	25-40% dari penjualan
4 sigma	6.210 (rata-rata industri USA)	15-25% dari penjualan
5 sigma	233	5-15% dari penjualan
6 sigma	3,4 (industri kelas dunia)	<1% dari penjualan
Setiap peningkatan atau pergeseran 1 sigma akan memberikan peningkatan keuntungan sekitar 10% dari penjualan		

Sumber: Gaspersz (2002:268)

2.4.3.5 Control

Control merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktik-praktik terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses distandardisasikan dan disebarluaskan, prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim *Six Sigma* kepada pemilik atau penanggung jawab proses, yang berarti proyek *Six Sigma* berakhir pada tahap ini.

2.5 Diagram SIPOC

Dalam *Six Sigma* harus diketahui model proses *Suppliers-Inputs-Processes-Outputs-Customers* (SIPOC). SIPOC merupakan suatu alat yang berguna dan paling banyak dipergunakan dalam manajemen dan peningkatan proses (Gaspersz, 2000). Penjelasan dari setiap elemen SIPOC adalah:

1. *Suppliers*, merupakan orang atau kelompok orang yang memberikan informasi kunci, material, atau sumberdaya lain kepada proses. Jika suatu proses terdiri dari beberapa

subproses, maka subproses sebelumnya dapat dianggap sebagai pemasok internal (*internal suppliers*).

2. *Inputs*, adalah segala sesuatu yang diberikan oleh pemasok (*suppliers*) kepada proses.
3. *Processes*, merupakan sekumpulan langkah yang mentransformasi dan secara ideal, menambah nilai kepada *inputs* (proses transformasi nilai tambah kepada *inputs*). Suatu proses biasanya terdiri dari beberapa subproses.
4. *Outputs*, merupakan produk (barang dan/atau jasa) dari suatu proses. Dalam industri manufaktur *outputs* dapat berupa barang setengah jadi maupun barang jadi (*final products*).
5. *Customers*, merupakan orang atau kelompok orang, atau subproses yang menerima *outputs*. Jika suatu proses terdiri dari beberapa subproses, maka subproses sesudahnya dapat dianggap sebagai pelanggan internal (*internal customers*). Proses berikutnya merupakan pelanggan Anda (*the next process is your customers*).

2.6 Alat Pengendalian Kualitas

Alat pengendalian kualitas proses statistik merupakan alat bantu yang bermanfaat untuk memetakan lingkup persoalan, menyusun data dalam diagram-diagram agar lebih mudah untuk dipahami, menelusuri berbagai kemungkinan penyebab persoalan dan memperjelas kenyataan atau fenomena yang otentik dalam suatu persoalan. Terdapat tujuh alat pengendali statistik oleh Heizer dan Render (2006) antara lain yaitu *check sheet*, histogram, *control chart*, diagram pareto, *fishbone diagram*, *scatter diagram* dan diagram proses.

2.6.1 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah sebuah metode untuk mengelola kesalahan, masalah atas cacat dan untuk memusatkan perhatian pada usaha penyelesaian masalah. Diagram ini berdasarkan pekerjaan Vilfredo Pareto, seorang pakar ekonomi di abad ke-19. Joseph M. Juran mempopulerkan pekerjaan Pareto dengan menyatakan bahwa 80% permasalahan perusahaan merupakan hasil dari penyebab yang hanya 20% (Heizer dan Render, 2006:266).

Dengan diagram pareto akan terlihat permasalahan mana yang dominan sehingga dapat diketahui prioritas penyelesaian masalah. Pada dasarnya diagram pareto dapat digunakan sebagai alat interpretasi untuk:

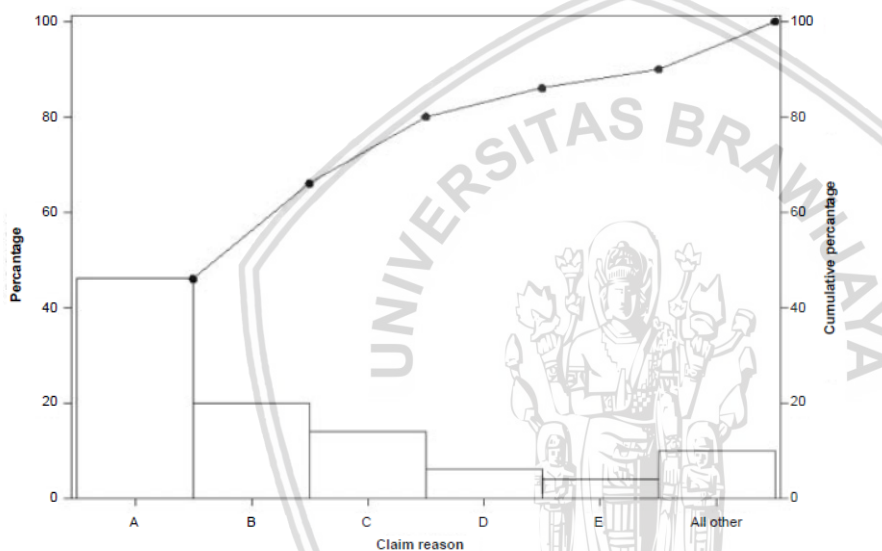
1. Analisis komplain (jumlah kejadian) di perusahaan
2. Analisis jenis *defect* (pcs) yang terjadi dari hasil *Quality Control* (QC)
3. Analisis *losses* (unit) sparepart di gudang

4. Analisis pemborosan (Rp) atas hilangnya peralatan produksi
5. Analisis produk *rework* (pcs) berdasar tipe produk
6. Analisis *breakdown* mesin (frekuensi atau jam) berdasar jenis mesin

Beberapa manfaat dari penggunaan diagram pareto adalah:

1. Merupakan pedoman memilih peluang perbaikan berdasar prinsip “*vital few*” dari “*trivial many*”.
2. Memfokuskan sumber daya pada area/ *defect*/ penyebab yang menghasilkan keuntungan yang terbesar.
3. Membandingkan frekuensi dan/ atau dampak dari berbagai penyebab masalah.

Berikut merupakan contoh dari Diagram Pareto yang ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Contoh diagram pareto

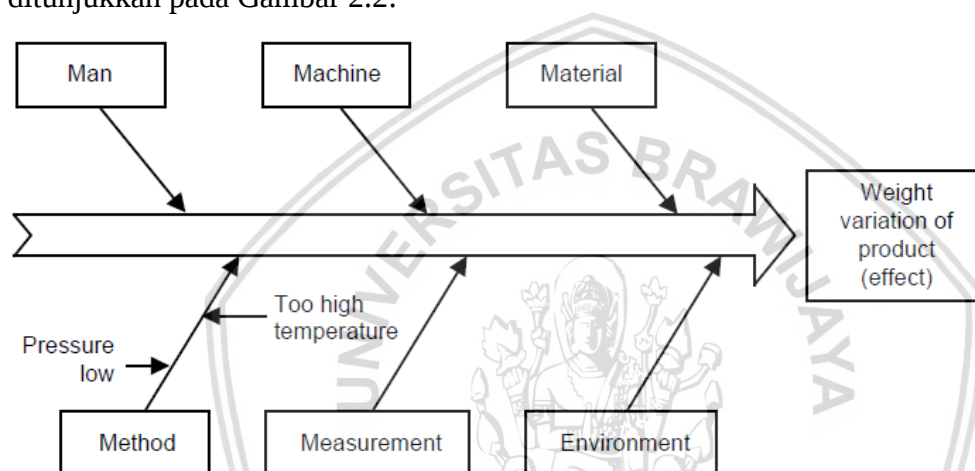
Sumber: Park (2003:83)

2.6.2 Diagram Sebab Akibat (*Fishbone Diagram*)

Diagram sebab akibat sering disebut juga dengan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*). Alat ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas Jepang yaitu Dr. Kaoru Ishikawa. Diagram sebab akibat digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis suatu proses atau situasi dan menemukan kemungkinan penyebab suatu permasalahan yang terjadi (Tjiptono dan Diana, 2001). Diagram ini menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara akibat dan penyebab suatu masalah. Faktor-faktor yang menimbulkan akibat yang mempengaruhi karakteristik kualitas yaitu *man*, *material*, *method*, *machine*, dan *environment*.

Dari sumber-sumber utama tersebut diturunkan menjadi beberapa sumber yang lebih kecil dan mendetail. Untuk mencari berbagai penyebab dapat digunakan teknik

brainstorming dari seluruh pihak yang terlibat dalam proses yang sedang dianalisis. Selain digunakan untuk mencari penyebab utama suatu masalah, diagram sebab akibat juga dapat digunakan untuk mencari penyebab minor yang merupakan bagian dari penyebab utamanya. Penerapan diagram sebab akibat lainnya misalnya dalam menghitung banyaknya penyebab kesalahan yang mengakibatkan terjadinya suatu masalah, menganalisis penyebaran pada masing-masing penyebab masalah, dan menganalisis proses. Untuk menghitung penyebab kesalahan dilakukan dengan mencari akibat terbesar dari suatu masalah, kemudian dari akibat tersebut dijabarkan dalam beberapa penyebab utama, lalu dicari masing-masing penyebabnya secara mendetail. Berikut merupakan contoh diagram sebab akibat yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Contoh *fishbone diagram*
Sumber: Park (2003:75)

2.6.3 Peta Kontrol (*Control Chart*)

Peta kontrol adalah suatu alat yang secara grafis dapat digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas atau proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Terdapat dua sumber variasi penyebab permasalahan, yaitu variasi penyebab umum dan variasi penyebab khusus (Gaspersz, 2002).

1. Variasi Penyebab Umum

Variasi penyebab umum adalah faktor-faktor di dalam sistem manajemen kualitas atau yang melekat pada proses yang menyebabkan timbulnya variasi dalam sistem itu beserta hasil-hasilnya. Penyebab umum sering disebut sebagai penyebab acak (*random causes*) atau penyebab sistem (*system causes*). Karena penyebab umum ini selalu melekat pada sistem manajemen kualitas, untuk menghilangkannya kita harus menelusuri elemen-elemen dalam sistem itu dan hanya pihak manajemen yang dapat memperbaikinya,

karena pihak manajemen yang mengendalikan sistem manajemen kualitas tersebut. Dalam analisis data dengan menggunakan Peta Kontrol jenis variasi ini sering ditandai dengan titik-titik pengamatan yang berada dalam batas-batas pengendalian.

2. Variasi Penyebab Khusus

Variasi penyebab khusus adalah kejadian-kejadian di luar sistem manajemen kualitas yang mempengaruhi variasi dalam sistem itu. Penyebab khusus dapat bersumber dari faktor manusia, mesin, material dan metode. Penyebab khusus ini mengambil pola non acak (*non random patterns*) sehingga dapat diidentifikasi atau ditemukan sebab mereka tidak selalu aktif dalam proses tetapi memiliki pengaruh yang lebih kuat pada proses, sehingga menimbulkan variasi. Dalam analisis data dengan menggunakan Peta Kontrol jenis variasi ini sering ditandai dengan titik-titik pengamatan yang melewati atau keluar dari batas-batas pengendalian yang didefinisikan.

Peta kontrol atau peta kendali mampu menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu, tetapi tidak menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada peta kendali (Heizer dan Render, 2006).

Adapun manfaat dari peta kontrol adalah:

1. Memberikan informasi apakah suatu proses produksi masih berada di dalam batas-batas kendali kualitas atau tidak terkendali
2. Memantau proses produksi secara terus menerus agar tetap stabil
3. Menentukan kemampuan proses (*capability process*)
4. Mengevaluasi *performance* pelaksanaan dan kebijaksanaan pelaksanaan proses produksi
5. Membantu menentukan kriteria batas penerimaan kualitas produk sebelum dipasarkan

Berdasarkan jenis data, peta kontrol dibagi menjadi dua yaitu peta kontrol data variabel dan peta kontrol data atribut. Data atribut merupakan data yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis. Atribut dalam pengendalian kualitas menunjukkan kualitas yang sesuai dengan spesifikasi. Atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan, misalnya goresan, kesalahan warna atau ada bagian yang hilang (Ariani, 2004). Peta kontrol untuk data atribut dapat membantu mengidentifikasi akar permasalahan baik pada tingkat umum maupun pada tingkat yang lebih mendetail. Sementara itu, peta pengendali kualitas proses statistik untuk data variabel biasanya digunakan untuk menentukan alasan khusus pada situasi *out of statistical control* (Ariani, 2004).

Peta kontrol P digunakan untuk mengetahui apakah cacat produk yang dihasilkan masih dalam batas yang disyaratkan (Ariani, 2004). Apabila sampel yang diambil untuk setiap melakukan observasi jumlahnya sama maka kita akan menggunakan peta kendali proporsi kesalahan (*p-chart*) maupun banyaknya kesalahan (*np-chart*). Namun jika sampel yang diambil bervariasi untuk setiap kali melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya atau memang perusahaan tersebut akan melakukan inspeksi 100% maka harus menggunakan peta pengendali proporsi kesalahan (*p-chart*) (Ariani, 2004). Perhitungan proporsi ditunjukkan pada Rumus 2-5.

$$\bar{p} = \frac{x}{n} \quad (2-5)$$

Sumber: Ariani (2004)

Keterangan:

$\bar{p}$ = Proporsi kesalahan dalam setiap sampel

x = Banyaknya produk yang salah dalam setiap sampel

n = Banyaknya sampel yang diambil dalam setiap inspeksi

Garis pusat (*center line*) peta pengendali proporsi kesalahan ini adalah:

$$CL = \frac{\sum_{i=1}^g p_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{n \cdot g} \quad (2-6)$$

Sumber: Ariani (2004)

Keterangan:

p_i = Proporsi kesalahan setiap sampel atau sub kelompok dalam setiap observasi

n = Banyaknya sampel yang diambil setiap kali observasi

g = Banyaknya observasi yang dilakukan

Sedangkan batas pengendali atas atau *Upper Control Limit* (UCL) dan batas pengendali bawah atau *Lower Control Limit* (LCL) untuk peta pengendali proporsi kesalahan tersebut (untuk 3 sigma) adalah:

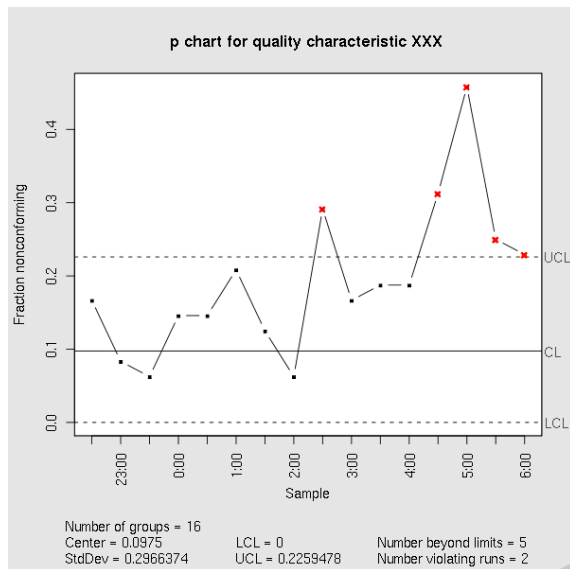
$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2-7)$$

Sumber: Ariani (2004)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2-8)$$

Sumber: Ariani (2004)

Berikut Gambar 2.3 merupakan contoh gambar Peta Kontrol P.



Gambar 2.3 Contoh peta kontrol P

2.7 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan salah satu teknik yang sistematis untuk menganalisis kegagalan. Teknik ini dikembangkan pertama kali sekitar tahun 1950-an oleh para insinyur kehandalan yang sedang mempelajari masalah yang ditimbulkan oleh peralatan militer yang mengalami malfungsi.

2.7.1 Pengertian FMEA

Menurut Syukron (2012), FMEA adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

2.7.2 Manfaat FMEA

Dari penerapan FMEA pada perusahaan, maka akan dapat diperoleh keuntungan-keuntungan yang sangat bermanfaat untuk perusahaan. Hal ini disampaikan oleh (Ford Motor Company, 2012) dalam Syukron (2012), antara lain:

1. Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk
2. Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan
3. Meningkatkan citra baik dan daya saing perusahaan
4. Mengurangi waktu dan biaya pengembangan produk

5. Memperkirakan tindakan dan dokumen yang dapat mengurangi risiko

2.7.3 Elemen-elemen FMEA

Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan FMEA:

1. Penentuan mode kegagalan

Kegagalan potensial pada setiap proses mode kegagalan adalah suatu keadaan dimana proses dapat berpotensi gagal memenuhi persyaratan proses atau desain. Mode kegagalan dapat berupa penyebab terhadap potensi kegagalan pada proses selanjutnya atau dampak dari potensi kegagalan dalam FMEA. Terdapat 4 jenis kegagalan, yaitu:

- a. *No function*: proses tidak berfungsi secara lokal atau tidak dapat dioperasikan
- b. *Partial/over*: tidak memenuhi spesifikasi secara keseluruhan
- c. *Intermitten function*: memenuhi spesifikasi tetapi tidak dapat berfungsi penuh karena ada faktor luar, misalnya kelembapan dan lingkungan
- d. *Unintended function*: interaksi beberapa bagian yang telah benar secara individu, tetapi tidak menghasilkan informasi yang diinginkan bila disatukan

2. Penentuan nilai *Severity* (S)

Severity merupakan suatu estimasi atau perkiraan subjektif tentang bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan itu. *Severity* berupa angka dengan menggunakan skala 1 sampai 10, dimana nilai 1 menunjukkan keseriusan terendah (risiko kecil) dan nilai 10 menunjukkan tingkat keseriusan tinggi (sangat berisiko). (Gaspersz, 2002:250). Kriteria dari nilai *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Nilai *Severity*

Ranking	Kriteria
1	<i>Negligible Severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Manajemen tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan atau kegagalan ini.
2 3	<i>Mild Severity</i> (pengaruh buruk yang ringan/sedikit). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler (<i>regular maintenance</i>).
4 5 6	<i>Moderate Severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja atau penampilan, namun masih berada dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak akan mahal, jika terjadi <i>downtime</i> hanya dalam waktu singkat.
7 8	<i>High Severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak dapat diterima, berada di luar batas toleransi. Akibatnya akan terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. <i>Downtime</i> akan berakibat biaya yang sangat mahal. Penurunan kinerja dalam

Ranking	Kriteria
	area yang berkaitan dengan peraturan pemerintah, namun tidak berkaitan dengan keamanan dan keselamatan.
9 10	<i>Potential Safety Problem</i> (masalah keselamatan/keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya yang dapat terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. Bertentangan dengan hukum.

Sumber: Gaspersz (2002:250)

3. Penentuan Nilai *Occurence* (O)

Occurence adalah suatu perkiraan subjektif tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab itu akan terjadi, akan menghasilkan mode kegagalan yang memberikan akibat tertentu (Gaspersz, 2002:251). Nilai dari *occurence* berupa skala nilai antara 1 sampai 10, dimana skala nilai ini menunjukkan frekuensi dari terjadinya kegagalan. Kriteria nilai *occurence* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4
Nilai *Occurence*

Ranking	Kriteria	Defect
1	Tidak mungkin bahwa penyebab ini yang mengakibatkan mode kegagalan	1 dalam 1.000.000
2	Kegagalan akan jarang terjadi	1 dalam 20.000
3		1 dalam 4.000
4		1 dalam 1.000
5	Kegagalan agak mungkin terjadi	1 dalam 400
6		1 dalam 80
7		1 dalam 40
8	Kegagalan sangat mungkin terjadi	1 dalam 20
9		1 dalam 8
10	Hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan akan terjadi	1 dalam 2

Sumber: Gaspersz (2002:250)

4. Penentuan Nilai *Detection* (D)

Detection merupakan suatu perkiraan subjektif tentang bagaimana efektivitas dari metode pencegahan atau deteksi menghilangkan mode kegagalan (Gaspersz, 2002:253). Nilai dari *detection* ditunjukkan pada skala nilai 1 sampai 10. Kriteria nilai *detection* dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5
Nilai *Detection*

Ranking	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Penyebab
1	Metode pencegahan atau deteksi sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin masih muncul atau terjadi.	1 dalam 1.000.000
2	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi adalah rendah. 1 dalam 4.000	1 dalam 20.000
3		
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan atau deteksi masih memungkinkan kadang-kadang penyebab itu terjadi.	1 dalam 1.000
5		1 dalam 400
6		1 dalam 80
7		1 dalam 40

Ranking	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Penyebab
8	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi masih tinggi. Metode pencegahan atau deteksi kurang efektif, karena penyebab masih berulang kembali.	1 dalam 20
9	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi.	1 dalam 8
10	Metode pencegahan atau deteksi tidak efektif. Penyebab akan selalu terjadi kembali.	1 dalam 2

Sumber: Gaspersz (2002:254)

5. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN)

RPN adalah nilai yang menyatakan skala prioritas terhadap risiko kualitas yang digunakan sebagai panduan dalam melakukan tindakan perencanaan. Nilai RPN merupakan hasil perkalian dari *severity* (S), *occurence* (O), dan *detection* (D).

$$RPN = S \times O \times D \quad (2-9)$$

Sumber: Gaspersz (2002:250)

2.8 *Response Surface Methodology* (RSM)

Response Surface Methodology (RSM) adalah sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dengan tujuan untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 2001). RSM memiliki beberapa kegunaan antara lain:

1. Menunjukkan bagaimana variabel respon y dipengaruhi oleh variabel bebas x di wilayah yang secara tertentu diperhatikan.
2. Menentukan pengaturan variabel bebas yang paling tepat dimana akan memberikan hasil yang memenuhi spesifikasi dari respon.

Langkah yang dilakukan dalam RSM yaitu:

1. Menentukan tujuan,
2. Menentukan variabel respon yang akan diukur, variabel bebas yang berpengaruh terhadap respon dan menentukan *range* variabel bebas agar didapatkan hasil yang layak,
3. Membuat rancangan orde pertama,
4. Membuat model orde pertama dan menguji model apakah dapat melanjutkan ke percobaan orde kedua atau tidak,
5. Membuat rancangan percobaan orde kedua,
6. Membuat model orde kedua dan menguji apakah model sesuai dengan model yang diduga,
7. Menentukan kondisi optimum dari model orde kedua yang sesuai.

2.9 Rumus Slovin

Rumus slovin adalah rumus yang berfungsi untuk menghitung jumlah sampel minimal apabila perilaku dari sebuah populasi tidak diketahui secara pasti. Rumus ini pertama kali diperkenalkan oleh Slovin pada tahun 1960. Rumus slovin ini biasa digunakan dalam penelitian survey dimana biasanya jumlah sampel besar sekali, sehingga diperlukan sebuah formula untuk mendapatkan sampel yang sedikit tetapi dapat mewakili keseluruhan populasi. Untuk menentukan besar sampel yang digunakan maka digunakan rumus slovin, yaitu:

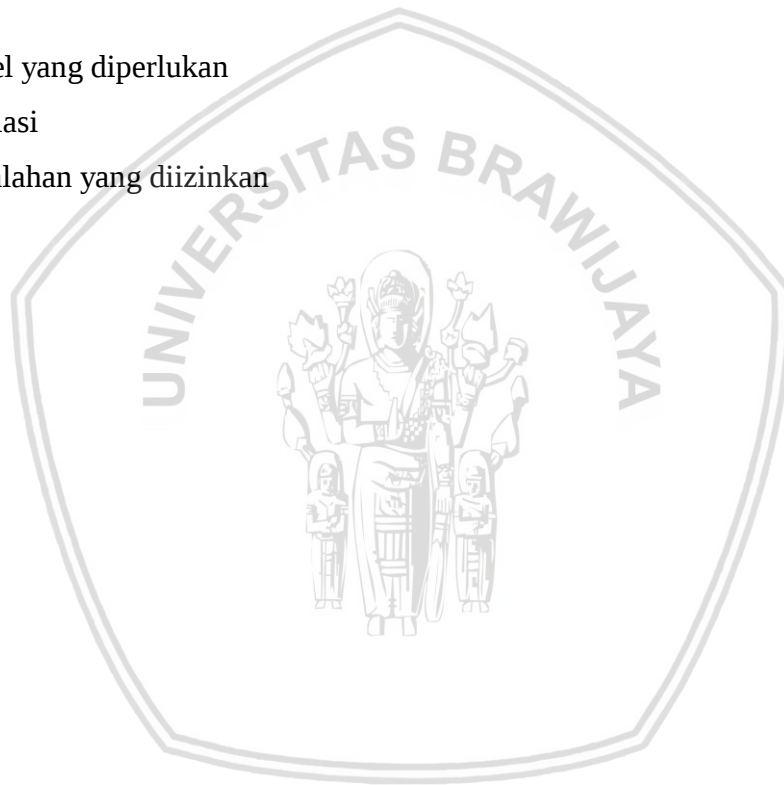
$$n \geq \frac{N}{1+Ne^2} \quad (2-9)$$

Dimana:

n = jumlah sampel yang diperlukan

N = jumlah populasi

e = besarnya kesalahan yang diizinkan



BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai metode yang digunakan dalam penelitian, jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, serta tahapan-tahapan penelitian agar penelitian dapat berjalan dengan terarah, terukur, dan sistematis.

3.1 Jenis Penelitian

Ditinjau dari metode yang digunakan, maka penelitian ini merupakan penelitian deskriptif karena penelitian ini dilakukan dengan mengamati dan menggambarkan produk cacat pada AQUA botol 600 ml. Penelitian deskriptif adalah suatu bentuk penelitian yang ditujukan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia. Fenomena ini dapat berupa bentuk, aktivitas, karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan, dan perbedaan antara fenomena yang satu dengan fenomena yang lainnya (Sukmadinata, 2006). Sedangkan jika ditinjau dari jenis data, penelitian ini termasuk kuantitatif. Menurut Sugiyono (2012:8), metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan Jln. Raya Surabaya-Malang, Km 48,5, Desa Karangjati Kec. Pandaan, Kab. Pasuruan Jawa Timur. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Desember 2017 sampai dengan bulan September 2018.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian:

1. Observasi Lapangan

Tahap pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan pengamatan awal untuk memperoleh gambaran dari kondisi sebenarnya mengenai obyek yang akan diteliti. Hal ini menjadi bagian penting bagi peneliti karena dapat memberikan gambaran dengan jelas tentang obyek penelitiannya. Sehingga peneliti dapat mengetahui permasalahan yang terjadi pada perusahaan tersebut.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Sumber literatur dapat berasal dari buku, jurnal, skripsi, internet dan sumber lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

3. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan tujuan untuk mencari permasalahan yang terjadi. Setelah melakukan observasi lapangan dan mendapat gambaran jelas permasalahan yang ada, maka peneliti dapat melakukan identifikasi masalah dengan dibantu pembimbing untuk mendapatkan informasi tambahan mengenai permasalahan produk cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml.

4. Perumusan masalah

Perumusan masalah menjabarkan rincian dari permasalahan yang diteliti dan nantinya akan menunjukkan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Perumusan masalah merupakan tahapan penting dalam penelitian ini karena rumusan masalah yang diperoleh akan menjadi titik acuan dalam menentukan metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan.

5. Penentuan tujuan penelitian

Penentuan tujuan penelitian berpedoman pada perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan-batasan yang diperlukan dalam pengolahan dan analisis hasil pengukuran selanjutnya.

6. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung oleh peneliti terhadap objek penelitian yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian. Data primer dapat bersumber dari hasil pengamatan atau observasi dan wawancara yang dilakukan dengan pihak perusahaan. Adapun data primer yang dikumpulkan adalah:

- 1) Informasi mengenai produk AQUA botol 600 ml
- 2) Jenis-jenis cacat pada produk AQUA botol 600 ml
- 3) Tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* sebagai data dalam FMEA produk AQUA botol 600 ml
- 4) Penyebab cacat beserta upaya yang telah dilakukan sebelumnya

b. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang telah tersedia di perusahaan. Data sekunder bersumber pada dokumen-dokumen perusahaan pada area proses produksi AQUA botol 600 ml. Adapun data sekunder yang diambil adalah sebagai berikut:

- 1) Profil dan sejarah perusahaan
- 2) Struktur organisasi perusahaan
- 3) Data proses produksi AQUA botol 600 ml
- 4) Data jumlah produksi AQUA botol 600 ml tahun 2017
- 5) Data jumlah cacat produk AQUA botol 600 ml selama tahun 2017

7. Pengolahan data

Setelah melakukan observasi dan pengumpulan data di perusahaan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan dan analisis data. Metode pengolahan dan analisis data yang digunakan adalah dengan konsep *Six Sigma* dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. Define

Tahap ini adalah tahap paling awal dalam *Six Sigma*. Adapun proses yang dilakukan yaitu:

- 1) Pembuatan diagram *Supplier, Input, Process, Output, Customer* (SIPOC) yang berfungsi untuk mengetahui dan menganalisis permasalahan mulai dari *Supplier* hingga *Customer*.
- 2) Identifikasi dan menentukan *Critical to Quality* (CTQ), kemudian mengumpulkan informasi dasar tentang produk atau proses agar memunculkan tujuan perbaikan. Penetapan CTQ harus disertai dengan pengukuran yang dapat dikuantifikasi dengan angka-angka. Hal ini dilakukan agar tidak menimbulkan persepsi dan interpretasi yang berbeda bagi setiap orang dalam proyek *Six Sigma* dan menimbulkan kesulitan dalam pengukuran karakteristik keandalan.
- 3) Identifikasi jenis cacat untuk mengetahui jenis-jenis cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml.

b. Measure

Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap *measure* ini adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat Peta Kontrol P terkait dengan jumlah cacat dan menganalisis hasilnya untuk menguji kualitas proses produksi.
- 2) Menghitung level sigma dan *Defect per Million Opportunities* (DPMO).
- 3) Perhitungan indeks kapabilitas proses.

c. *Analyze*

Tahapan *analyze* yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan identifikasi jenis cacat yang akan dijadikan prioritas penyelesaian permasalahan dengan menggunakan Diagram Pareto.
- 2) Mengidentifikasi penyebab cacat dengan diagram sebab akibat.
- 3) Pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui prioritas penyelesaian permasalahan berdasarkan nilai RPN tertinggi.

d. *Improve*

Proses *improve* bertujuan untuk memberikan usulan rekomendasi perbaikan pada perusahaan sebagai upaya dalam mengurangi jumlah produk cacat dengan menyesuaikan kondisi di lapangan.

8. Analisis dan Pembahasan

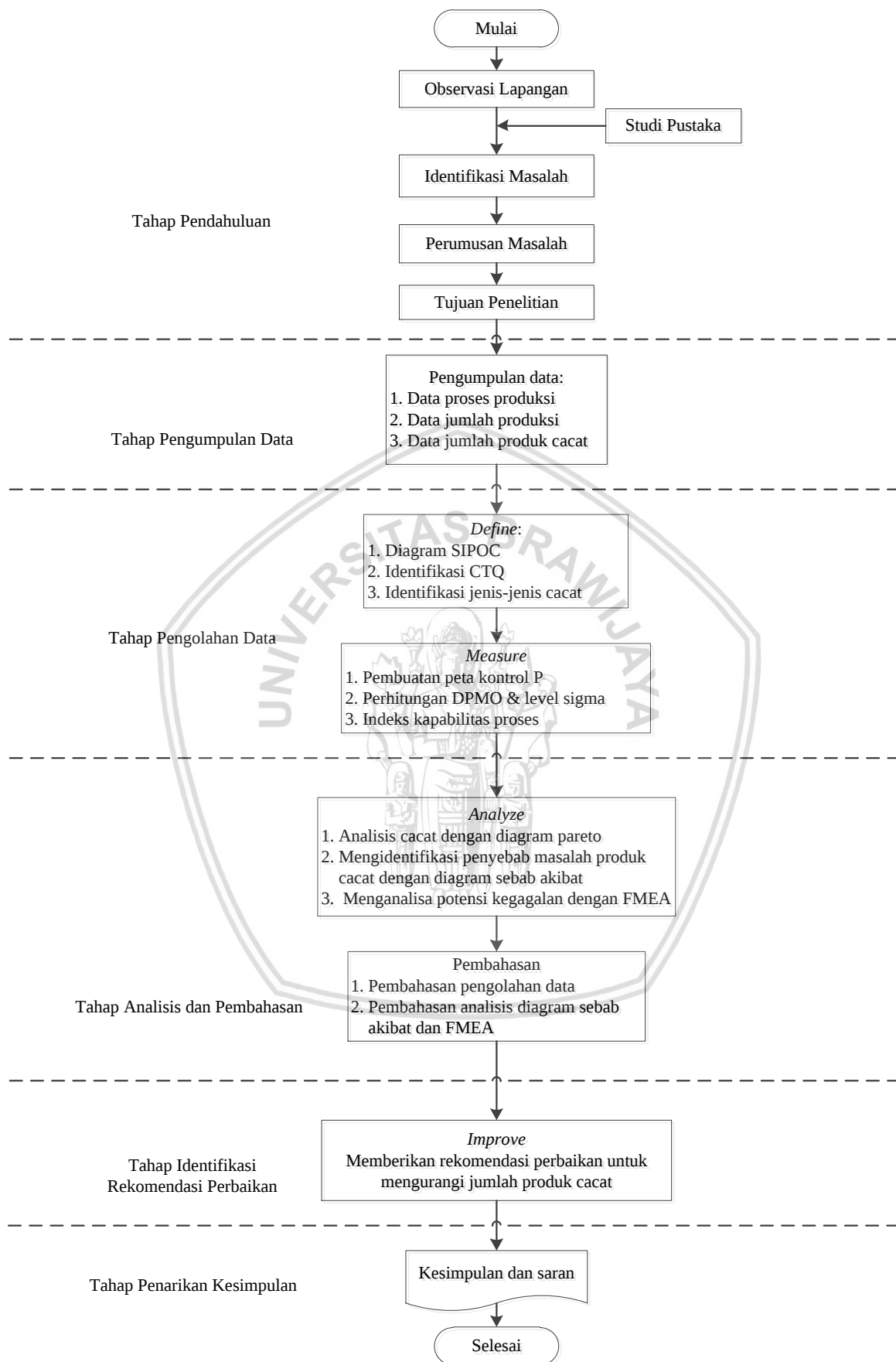
Melakukan analisis penyebab masalah produk cacat dengan menggunakan diagram sebab akibat serta mengidentifikasi risiko kegagalan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan menghitung nilai *risk priority number* (RPN) dimana nilai RPN akan didapatkan dari hasil perkalian antara nilai *severity*, *occurance*, dan *detection*.

9. Kesimpulan dan Saran

Tahapan terakhir yang dilakukan dari penelitian ini adalah menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan menjelaskan hal apa saja yang diperoleh dari dilakukannya penelitian dan penulisan skripsi ini. Saran ditujukan untuk memberikan manfaat bagi pihak perusahaan agar dapat mengurangi jumlah cacat selama proses *capping* AQUA botol 600 ml.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan Gambar 3.1 yang menunjukkan diagram alir dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai gambaran umum PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan. Setelah itu dilakukan tahapan *Six Sigma* yang terdiri dari *Define*, *Measure*, *Analyze*, dan *Improve* (DMAI). Keseluruhan analisis dan pembahasan yang dilakukan ditujukan untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan masalah yang telah ditentukan pada bab sebelumnya.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan merupakan salah satu perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang tergabung dalam AQUA Group. PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan didirikan tahun 1983 dan mulai melakukan produksi pada tanggal 28 April 1984. Pabrik Pandaan ini adalah pabrik kedua yang didirikan oleh AQUA Group. Perusahaan ini awalnya hanya mempunyai 28 karyawan dengan kemasan produksi gallon, AQUA botol 1500 ml, dan AQUA botol 625 ml.

Pada awalnya perusahaan ini bernama PT. Tirta Jaya Utama, kemudian pada tahun 1985 diubah menjadi PT. Tirta Jayamas Unggul, dan pada tahun 2000 diubah lagi menjadi PT. Tirta Investama. Perusahaan ini berada di Jln. Raya Surabaya-Malang, Km 48,5, Desa Karangjati Kec. Pandaan, Kab. Pasuruan Jawa Timur. Hingga pada tahun 2006 PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan memiliki karyawan sebanyak 1337 orang dengan kapasitas produksi 61.973.424 liter dan pada tahun 2018 ini jumlah karyawannya menurun menjadi 1085.

Produk yang dihasilkan oleh PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan diantaranya adalah AQUA gallon 19 liter, AQUA cup 240 ml, AQUA botol 600 ml, AQUA botol 750 ml, AQUA botol 1500 ml dan 500 ml untuk merk MIZONE. Sebagai pelopor berdirinya AMDK di Indonesia, pertumbuhan AQUA semakin berkembang pesat.

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan memiliki jam kerja yang berbeda untuk karyawan yang bekerja di kantor dan karyawan yang bekerja di bagian produksi. Pada hari Senin-Jumat kantor beroperasi selama 8 jam dimulai dari pukul 08.00-16.00 WIB. Sedangkan pada hari Sabtu hanya selama 5 jam mulai pukul 08.00-13.00 WIB. Hari minggu dan tanggal merah libur. Pada bagian produksi, hari dan jam kerja karyawan dibagi menjadi 4 grup (A,B,C, D) dan terdapat 3 *shift* dengan pembagian *shift* sebagai berikut.

1. *Shift 1*

Jam kerja: 06.00-14.00 WIB

Jam istirahat: 11.00-12.00 WIB

2. *Shift 2*

Jam kerja: 14.00-22.00 WIB

Jam istirahat: 18.00-19.00 WIB

3. *Shift 3*

Jam kerja: 22.00-06.00 WIB

Jam istirahat: 02.00-03.00 WIB

4. *Shift 4*

Libur, karena *rolling* setiap 2 hari sekali.

Proses produksi berlangsung selama 24 jam setiap hari sehingga diberlakukan *shift* untuk karyawan bagian produksi.

4.1.1 Lokasi Perusahaan

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan hanya berfokus pada proses produksi AMDK saja, sehingga perusahaan menggunakan pihak ketiga dalam penyaluran dan pendistribusian produk. Berikut ini merupakan penjelasan dari lokasi perusahaan (pabrik), lokasi perusahaan terhadap bahan baku, dan lokasi perusahaan terhadap transportasi.

4.1.1.1 Lokasi Perusahaan (Pabrik)

Pabrik atau tempat produksi PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan berada di Jln. Raya Surabaya-Malang, Km 48,5 Desa Karangjati Kec. Pandaan, Kab. Pasuruan Jawa Timur. Pabrik ini terletak di jalur lalu lintas Surabaya-Malang sehingga sangat memudahkan sistem transportasi baik dalam pengiriman material atau bahan baku maupun pendistribusian produk jadi (*finish product*). Lokasi pabrik yang strategis ini sangat memudahkan perusahaan untuk menciptakan kelancaran proses produksi yang efektif dan efisien.

4.1.1.2 Lokasi Perusahaan Terhadap Bahan Baku

Sumber mata air yang digunakan untuk proses produksi berasal dari pegunungan aktif yang ada di Pandaan yaitu Gunung Arjuno, sehingga PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan terletak di kaki Gunung Arjuno. Pemilihan Gunung Arjuno dikarenakan gunung vulkanik memiliki kandungan mineral yang sangat baik. Lokasi pabrik yang berada dekat dengan sumber mata air membuat perusahaan lebih ekonomis karena tidak perlu mengeluarkan

biaya yang besar dalam hal pengambilan dan pengangkutan air. Perusahaan memiliki 3 sumber mata air yang berada di dalam pabrik. Sumber pertama digunakan untuk produksi AQUA cup 240 ml dan AQUA botol 1500 ml. Sumber kedua digunakan untuk produksi AQUA botol 600 ml dan AQUA gallon 19 liter. Sedangkan sumber ketiga digunakan untuk produksi MIZONE 500 ml.

4.1.1.3 Lokasi Perusahaan Terhadap Transportasi

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan bekerjasama dengan perusahaan CV. Yudha Pratama Sejati (YPS) dalam hal penyaluran dan pendistribusian produk. CV. YPS berada di kota Pasuruan, Jawa Timur. CV. YPS merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa angkutan darat dengan menggunakan armada *truck*. CV. YPS ini telah melayani pendistribusian logistik dalam skala nasional. Kerjasama antara kedua perusahaan sangat membantu PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan untuk dapat segera mendistribusikan produk dengan tepat waktu.

4.1.2 Visi, Misi, dan Budaya Perusahaan

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan memiliki visi, misi, dan budaya yang diterapkan pada perusahaan. Berikut merupakan visi, misi, dan budaya perusahaan pada PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan:

1. Visi Perusahaan

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan menjadi *Center Of Excellence*

2. Misi Perusahaan

Dalam mencapai visi perusahaan maka terdapat misi yang dimiliki, yaitu:

- a. *Quality* : Kualitas yang tinggi dari hulu ke hilir (*source to shopper*).
- b. *Organization* : Kerja sama tim yang solid untuk eksekusi-eksekusi yang sempurna.
- c. *Danone* : Insan yang proaktif, kompeten dan berkehidupan yang seimbang.
- d. *Environment* : Lingkungan kerja yang nyaman, modern dan bertanggung jawab terhadap sosial dan lingkungan.
- e. *Performance* : Perbaikan berkelanjutan di semua aspek.
- f. *Safety* : Tempat kerja yang aman dan insan yang berbudaya aman.

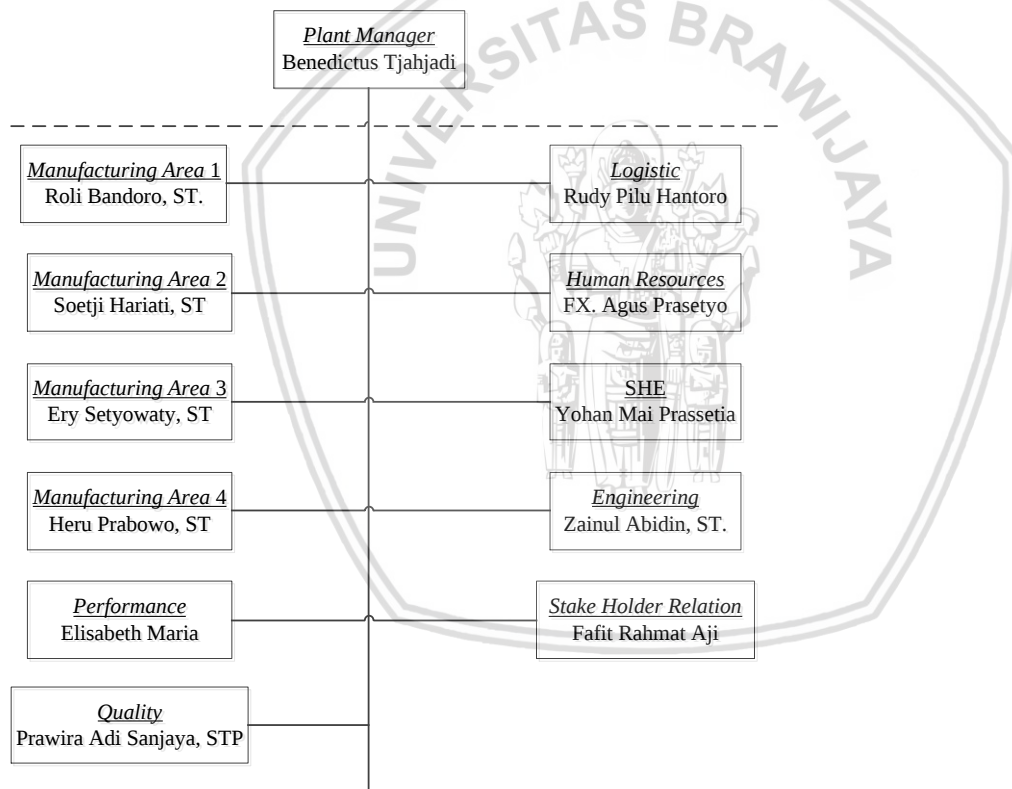
3. Budaya Perusahaan

Kunci sukses perusahaan terletak pada budaya kerja yang terbentuk dalam perusahaan. Setiap individu karyawan perlu menyadari perilaku dan nilai-nilai apa yang harus dijalankan dalam bekerja dan menghasilkan produk. Adapun budaya perusahaan terdiri

dari *safety*, *quality*, dan *zoning*. PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan berkomitmen memberikan keutamaan untuk memuaskan pelanggan melalui kesinambungan untuk menghasilkan produk yang bermutu tinggi, pelayanan yang bermutu, dan sumber daya manusia yang bermutu.

4.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan suatu susunan hubungan antar tiap bagian serta posisi yang ada pada perusahaan sebagai acuan dalam menjalankan kegiatan operasional untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Dengan adanya struktur organisasi tugas dan tanggungjawab setiap karyawan menjadi jelas, sehingga masing-masing pihak mampu menjalankan tugasnya dengan baik. Berikut Gambar 4.1 merupakan struktur organisasi dari PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan.



Gambar 4.1 Struktur organisasi perusahaan
Sumber: PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan

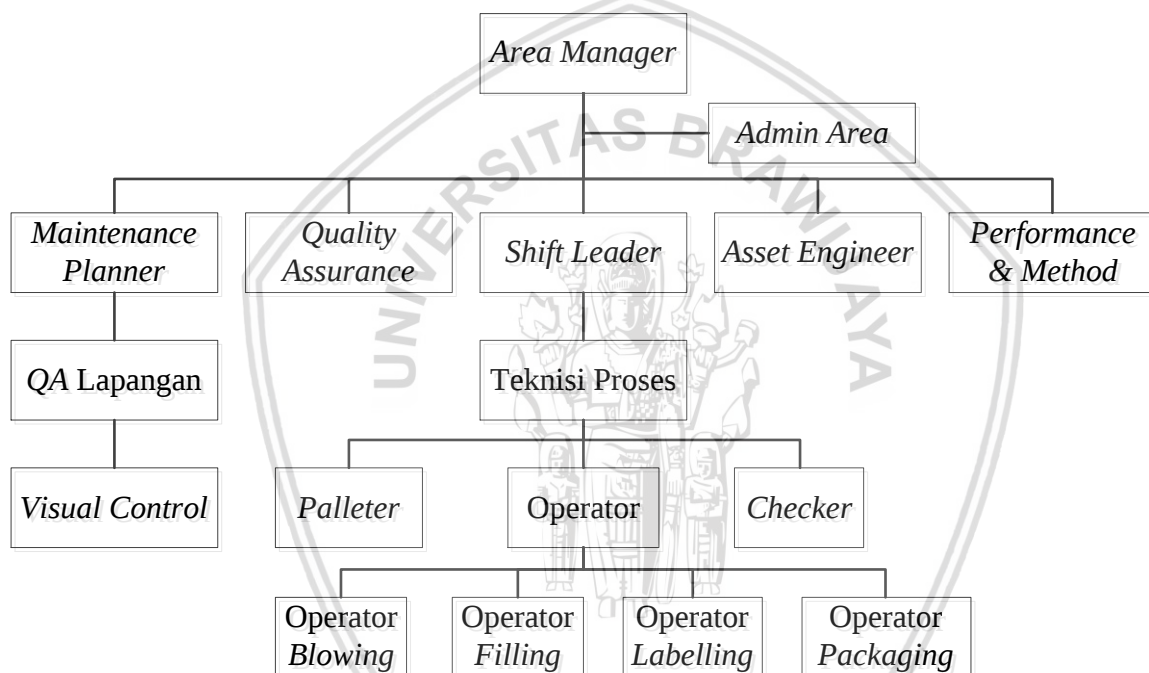
Berikut merupakan penjelasan dari struktur organisasi di perusahaan:

1. *Plant Manager*, atau disebut juga sebagai kepala pabrik. *Plant Manager* bertugas dalam memimpin pabrik dan bertanggungjawab terhadap keseluruhan operasional pabrik serta memastikan bahwa segala sesuatu berjalan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

2. Departemen *Manufacture*, departemen ini merupakan bagian yang menjalankan proses produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) secara efektif dan efisien. Selain itu departemen ini juga harus memastikan transaksi waktu yang akurat dan *real* dalam proses produksi, memelihara semua peralatan produksi dan fasilitas kerja agar dapat berfungsi secara maksimal, serta melakukan upaya peningkatan dalam berbagai aspek produksi secara berkala. PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan memiliki 4 *Manufacturing Area* yang menghasilkan jenis produk berbeda-beda. Jenis produk yang dihasilkan di setiap area akan ditunjukkan pada Tabel 4.1.
3. Logistik, bertanggungjawab dalam pengadaan dan permintaan barang yang dibutuhkan oleh departemen *manufacture*, melakukan *order* barang kepada *supplier*, melakukan pendataan terkait penerimaan dan pengeluaran barang dari logistik menuju departemen *manufacture*, serta memeriksa dan memastikan bahwa pengadaan barang yang dilakukan telah dikirim dengan tepat waktu dan sesuai jumlah permintaan.
4. *Human Resources*, merupakan departemen yang menangani masuk dan keluar karyawan yang ada di perusahaan serta melakukan pengembangan karyawan dengan mengadakan pelatihan dan *workshop* di perusahaan.
5. *Safety Health Environment (SHE) Department*, departemen yang menangani masalah keselamatan, kesehatan dan lingkungan yang ada di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan. Departemen ini bertugas dalam pembuatan beberapa standar keselamatan kerja, salah satunya peraturan *Lock Out Tag Out (LOTO)* pada mesin, *coveyor*, dan bagian-bagian penting lainnya. Sedangkan dalam permasalahan lingkungan, perusahaan lebih berfokus pada pengolahan limbah agar tidak mencemari lingkungan sekitar. Selain itu SHE juga bertugas dalam melakukan *update* data statistik jumlah kecelakaan ringan, kecelakaan berat, dan tindakan pada piramida *safety*.
6. *Engineering*, bagian yang bertugas untuk melakukan perbaikan yang tidak dapat ditangani oleh bagian *manufacture*. Misalnya adalah pembangunan gedung, instalasi listrik, pemasangan genset, dan lain-lain.
7. *Stakeholder Relation*, memiliki tugas untuk menciptakan dan memelihara hubungan baik dengan pemangku kepentingan di perusahaan. Pemangku kepentingan terdiri dari instansi pemerintah, RT, RW, kepala desa. Departemen ini harus memastikan setiap kegiatan yang dilakukan oleh PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan telah memiliki perizinan, seperti perizinan pendirian gedung, perizinan keluar masuk *truck* pengangkut, perizinan untuk wanita yang pulang malam karena harus berkerja pada *shift* 3.

8. *Performance*, bagian yang bertugas dalam melakukan pengukuran kinerja apakah sudah tercapai atau belum. Pengukuran ini didasarkan pada SOP dan instruksi kerja yang telah ditetapkan perusahaan.
9. *Quality*, departemen yang bertugas untuk melakukan kontrol kualitas terhadap seluruh produk yang ada di perusahaan. Pengontrolan dilakukan baik pada kualitas air mineral maupun kualitas kemasan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, penelitian ini difokuskan hanya untuk produk AQUA botol 600 ml yang dihasilkan di *Line 3 Manufacturing Area 4*. Adapun struktur organisasi di *Manufacturing Area 4* memiliki pembagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur Organisasi *Manufacturing Area 4*
Sumber: PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan

4.1.4 Produk Perusahaan

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan menghasilkan beberapa produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) diantaranya adalah AQUA cup 240 ml, AQUA botol 600 ml, AQUA botol 750 ml, AQUA botol 1500 ml, AQUA Galon, dan MIZONE. Produk-produk yang dihasilkan oleh perusahaan dijelaskan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1
Produk Perusahaan

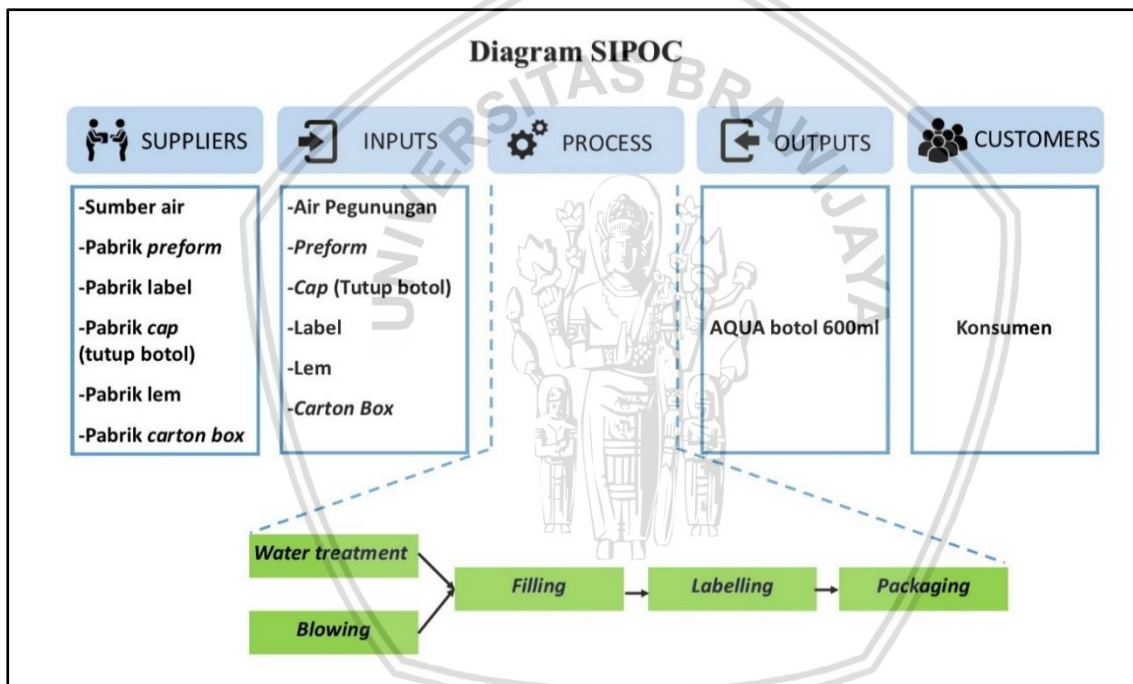
Produk	Gambar	Bentuk Kemasan	Jenis Kemasan	Area Produksi
AQUA cup 240ml		Cup	Sekali pakai	<i>Manufacturing Area 3</i> • <i>Line 1</i> • <i>Line 2</i> • <i>Line 3</i> • <i>Line 4</i> • <i>Line 5</i> • <i>Line 6</i>
AQUA botol 600 ml		Botol PET	Sekali pakai	<i>Manufacturing Area 1</i> • <i>Line 2</i> <i>Manufacturing Area 2</i> • <i>Line 5</i> • <i>Line 6</i> <i>Manufacturing Area 4</i> • <i>Line 3</i> • <i>Line 4</i>
AQUA botol 750 ml		Botol PET	Sekali pakai	<i>Manufacturing Area 1</i> • <i>Line 2</i>
AQUA botol 1500 ml		Botol PET	Sekali pakai	<i>Manufacturing Area 1</i> • <i>Line 1</i> • <i>Line 2</i>
Mizone		Botol PET	Sekali pakai	<i>Manufacturing Area 2</i>
AQUA Galon 19 liter		Gallon	Kemasan ulang	<i>Manufacturing Area 1</i>

4.2 Tahap Define

Tahap *define* merupakan tahapan pertama dalam siklus *six sigma*. Di tahap ini akan dilakukan analisis *Suppliers, Inputs, Processes, Outputs*, dan *Customers* (SIPOC), identifikasi *Critical to Quality* (CTQ), dan dilakukan identifikasi jenis cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml.

4.2.1 Analisis SIPOC

SIPOC (*Suppliers-Inputs-Processes-Output-Customer*) adalah *tools* dalam *Six Sigma* yang berfungsi untuk memberikan gambaran yang jelas dari suatu proses mulai dari *supplier* hingga sampai ke tangan *customer*. Gambar 4.3 merupakan diagram SIPOC dari produk AQUA botol 600 ml di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan.



Gambar 4.3 Diagram SIPOC

4.2.1.1 Suppliers

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa *suppliers* yang memasok perusahaan dalam proses produksi, yaitu sumber air yang berasal dari alam berupa mata air pegunungan, pabrik *preform*, pabrik label, pabrik *cap* (tutup botol), pabrik lem, dan pabrik *carton box*. Perusahaan menggunakan *supplier* untuk *preform*, label, tutup botol, lem, dan *carton box* karena fokus inti perusahaan adalah produksi AMDK saja. Sehingga dengan bantuan pihak luar perusahaan mampu mempermudah kelancaran proses produksi.

4.2.1.2 Inputs

Inputs dari produk AQUA botol 600 ml terdiri dari air mineral, *preform* (bakal botol), tutup botol, label, lem, dan *carton box*. Berikut merupakan penjelasan dari *inputs*:

1. Air Mineral

PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan berada di kaki Gunung Arjuno. Sumber mata air yang digunakan untuk melakukan proses produksi seluruhnya diambil dari sumber air Gunung Arjuno. Sumber air ini terletak sekitar 200 meter dari area produksi. Bahan baku yang berupa sumber mata air dari Gunung Arjuno Pandaan merupakan jenis kualitas air terbaik dari segi fisik, kimia, maupun mikrobiologi. PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan mengambil air tanah dalam dengan kedalaman antara 60-140 meter, karena pada kedalaman ini air sudah bebas dari kontaminasi limbah rumah tangga. AQUA menggunakan air tanah dalam yang dibatasi oleh lapisan kedap air. Sistem yang digunakan oleh AQUA Group adalah untuk mendayagunakan air tersebut dengan memastikan bahwa tidak adanya hubungan antara kedua lapisan tanah dalam dan permukaan. Salah satu langkah yang dilakukan adalah dengan melakukan program hutan asuh. AQUA telah membuat perlindungan bawah tanah untuk melindungi rembesan yang ada di sekitarnya. Sehingga kandungan mineral AQUA tidak berubah sejak dari sumbernya dan tidak pernah terjadi kontak dengan udara sekitar, karena langsung ditampung dalam bak kedap udara dan siap untuk diproses.

2. *Preform* (Bakal botol)

Preform adalah bakal untuk membuat botol yang memiliki bentuk hampir sama dengan tabung reaksi. Material *preform* berasal dari resin *polyethylene terephthalate* (PET). Pada *Manufacturing Area 4* ini, pembuatan *preform* diserahkan kepada pihak luar yang membantu dalam proses pembuatan *preform*. Namun material resin PET berasal dari pihak AQUA. Hal ini dilakukan karena di *Manufacturing Area 4* belum memiliki mesin sendiri untuk memproduksi *preform*. Terdapat beberapa pihak luar yang membantu dalam melakukan proses produksi *preform*, karena perusahaan perlu mengantisipasi ketidakpastian dari pihak pemasok. Seperti ketidakpastian dari sisi *leadtime*, biaya, *downtime* mesin, dan lain-lain. Dengan memiliki beberapa pemasok, perusahaan tidak perlu khawatir jika satu pemasok tidak dapat memasok *preform*, karena masih ada pemasok lain. Namun kelemahannya adalah dimensi *preform* yang dihasilkan oleh setiap perusahaan berbeda-beda. Sehingga operator harus teliti dalam mengatur *setting*

pada saat proses pembentukan botol di mesin *blowing*. Berikut Gambar 4.4 merupakan gambar dari *preform*.



Gambar 4.4 Preform

3. Tutup Botol

AQUA menyerahkan pembuatan tutup botol kepada pihak luar, karena perusahaan ingin berfokus pada proses produksi AMDK. Tutup botol digunakan sebagai penutup botol agar kualitas air mineral terlindungi dan terjaga dengan baik hingga sampai ke tangan konsumen. Terdapat tiga bagian pada tutup botol, yaitu *cap*, *bridge*, dan *neck*. Gambar 4.5 adalah bagian dari tutup botol.



Gambar 4.5 Tutup botol

4. Label

AQUA juga menyerahkan pembuatan label pada pihak luar perusahaan. Label akan dipasang pada botol yang berfungsi sebagai merek atau identitas dari produk. Pada label tercantum beberapa informasi terkait produk, diantaranya adalah nama merek, kategori jenis produk, nama dan alamat produsen, nomor registrasi dari Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI), sertifikat halal dari Majelis Ulama Indonesia (MUI), petunjuk penyimpanan, nomor Standar Nasional Indonesia (SNI), *barcode*, volume dalam kemasan, kode jenis plastik, dan nomor telepon layanan konsumen.

5. Lem

Perusahaan menggunakan lem khusus untuk merekatkan label yang dipasang pada bagian tubuh botol. Selain itu juga terdapat lem yang berfungsi untuk merekatkan *carton box* dalam proses *packaging* sehingga *box* dapat tertutup dengan rapi dan tidak mudah terbuka.

6. *Carton Box*

AQUA juga menyerahkan pembuatan *carton box* kepada pihak luar perusahaan. *Carton box* digunakan untuk melindungi produk agar tetap aman dan mudah saat proses transportasi maupun distribusi. Pada *carton box* juga terdapat beberapa informasi untuk konsumen seperti merek, logo perusahaan, jumlah produk, saran penyimpanan, dan *barcode*.

4.2.1.3 *Processes*

AQUA diproduksi dalam jumlah besar (*mass production*) dan variasi produknya sedikit. Sehingga jenis tata letak yang digunakan adalah *product layout*, dimana mesin dan peralatan disusun berdasarkan urutan proses produksi. Mulai dari bahan baku sampai dengan *finish product* diatur sedemikian rupa agar *material handling* dilakukan dengan jarak yang paling minimum. Proses produksi AQUA botol 600 ml terdiri dari beberapa tahap yaitu proses *water treatment*, proses *blowing*, proses *filling*, proses *capping*, proses inspeksi I dengan EVC, proses *labelling*, proses inspeksi II dengan EVC, dan proses *packaging*. Berikut merupakan penjelasan dari setiap tahapan proses:

1. *Water Treatment*

Air berasal dari sumber air yang berada di luar area produksi akan dialirkan melalui pipa menuju ke ruang *water treatment* yang berada di dalam area produksi. Pada ruang *water treatment* air akan menuju *hopper*, kemudian melewati proses filtrasi atau penyaringan dari benda maupun partikel asing lain yang berukuran besar dengan menggunakan *filter cartridge*. Tahap pertama dilakukan filtrasi dengan ukuran 5 *micron* untuk menyaring partikel yang berukuran di atas 5 *micron*. Kemudian air melewati *filter cartridge* kedua berukuran 1 *micron* untuk menyaring partikel-partikel antara 1 sampai 5 *micron*.

Setelah itu dilakukan proses injeksi ozon dengan alat ozon generator. Prinsip kerja alat ini dengan menarik oksigen disertai daya listrik yang tinggi berkekuatan ± 380 volt sehingga menghasilkan O_3 atau ozon dan kemudian ditampung di *finish tank*. Tujuan dari proses ozonisasi adalah untuk menginaktivasi bakteri patogen. Kadar ozon harus sesuai dengan standar, jika kadar ozon kurang maka tidak aktif untuk menginaktivasi bakteri patogen. Namun jika kadar ozon terlalu tinggi maka akan menjadikan air bersifat karsinogenik. Kadar ozon yang digunakan adalah $\pm 0,2-0,6$ ppm. Setelah pencampuran di *finish tank*, air akan dialiri dengan sinar Ultraviolet (UV) yang bertujuan untuk mengurangi kadar ozon. Air yang telah melalui *water treatment* diteruskan pada proses *filling* atau proses pengisian air. Kadar ozon pada saat proses *filling* akan semakin

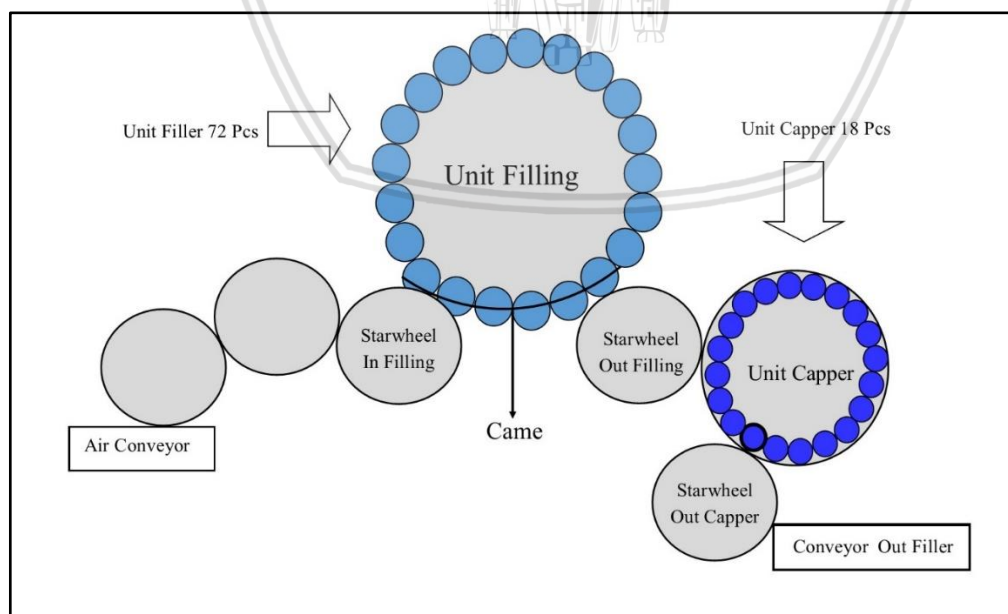
berkurang sampai akhirnya hilang setelah kurang lebih 4 jam. Oleh karena itu, produk baru boleh didistribusikan 4 sampai 5 jam setelah diproduksi.

2. Proses *Blowing*

Botol berasal dari bahan baku resin PET yang dibentuk menjadi *preform*, bahan baku *preform* diperoleh perusahaan dari *supplier*. Botol-botol mentah dipanaskan di oven dengan suhu kurang lebih 100-110°C hingga lentur agar pada proses *blowing* dapat menghasilkan botol yang baik. Tahap ini disebut dengan *re-heating*. Pada mesin *blowing* terdapat tahapan *stretching*, *preblowing*, dan *blowing*. Prinsip kerja mesin ini adalah dengan meniupkan angin yang bertekanan tinggi, sehingga tidak menutup kemungkinan ada kegagalan botol hasil *blowing* yang bentuknya tidak sesuai dengan cetakan. Terdapat beberapa klasifikasi jenis cacat yang dihasilkan pada proses *blowing*, diantaranya adalah warna lain pada botol, botol tipis, botol melipat, botol bergaris, mould kotor, botol gelang, *center gate* tidak pada posisinya, botol berembun, mata ikan, bocor, dan kotor bahan.

3. Proses *Filling*

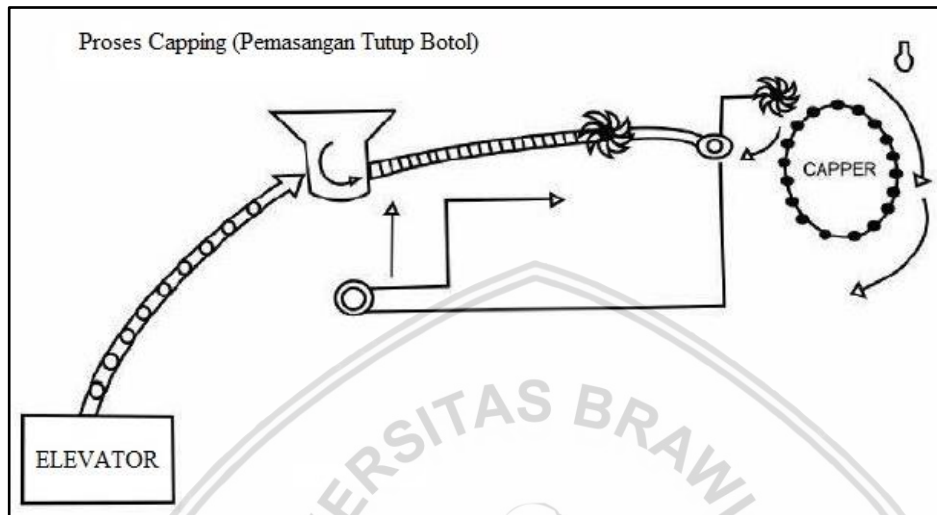
Proses *filling* dilakukan di ruangan *high care*, dimana setiap orang yang masuk ke ruangan ini harus menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang ditetapkan seperti menggunakan baju khusus, sepatu *safety*, dan masker. Selain itu, setiap orang yang akan masuk harus melewati *air shower* untuk mensterilkan bagian tubuh dari kontaminasi bakteri. Proses *filling* ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Proses *filling*

Tutup yang sudah diinspeksi dimasukkan ke elevator, kemudian dari elevator tutup akan naik menuju *hopper*. Setelah memasuki *hopper*, tutup akan diputar dan dibalik dengan

menggunakan angin yang dihasilkan di bagian belakang *hopper*. Kemudian tutup akan berjalan melewati rel untuk masuk ke *capper*. Botol yang telah melewati proses *filling* secara otomatis akan memasuki *capper* dan terjadilah proses pemasangan tutup botol. Berikut Gambar 4.7 yang merupakan gambaran dari proses pemasangan tutup botol (*capping*).



Gambar 4.7 Proses *capping*

4. Proses Inspeksi I dengan EVC

Setelah dari ruang *filling* botol akan berjalan dengan *conveyor* melewati mesin *Electric Visual Control* (EVC). Di mesin akan terdeteksi botol yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Mesin ini bekerja dengan sistem sensor, selain itu EVC juga dapat menghitung secara otomatis berapa jumlah produk cacat dari setiap jenis cacat. Produk yang cacat akan dijatuhkan secara otomatis ke dalam suatu bak penampungan. Terdapat seorang *visual control* yang bertugas untuk memisahkan botol dan air. Botol dan tutup yang cacat akan dikumpulkan untuk kemudian diolah kembali menjadi plastik. Perusahaan menggunakan bantuan pihak luar dalam penanganan limbah plastik ini, karena penanganan limbah plastik ini tidak boleh dilakukan secara sembarangan atau bahkan dibuang begitu saja. Biaya penanganan limbah plastik ini ditanggung oleh pihak perusahaan. Jadi, semakin banyak produk cacat yang dihasilkan maka akan semakin tinggi pula biaya yang ditanggung oleh perusahaan untuk menangani limbah dari produk cacat. Sedangkan air akan dibuang ke dalam bak penampungan dengan *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) atau Instalasi Penanganan Air Limbah (IPAL). Limbah air ini akan dimanfaatkan untuk pencucian gallon, toilet dan untuk wudhu.

5. Proses Labelling

Produk yang lolos dari cacat akan ditransfer melalui *conveyor* untuk menuju ke proses pelabelan. Sebelum menuju proses pemberian label, botol akan melewati *starwheel*. Fungsi dari *starwheel* adalah untuk memberikan jarak pada botol yang akan masuk pada katup botol pada saat proses pemasangan label. *Starwheel* adalah bagian terpenting pada saat pemasangan label yang mempunyai fungsi sebagai pembagi botol pada saat proses *labelling*.

Pada mesin *labelling* terdapat 3 sensor yang berfungsi sebagai penanda bagi operator, diantaranya adalah sensor 1 berfungsi sebagai perintah untuk *labelling station* dinyalakan, sensor 2 berfungsi jika label tidak sesuai pada botol, maka alarm akan berbunyi, sensor 3 berfungsi jika ada botol tanpa label maka alarm berbunyi.

Setelah label terpasang, produk akan dilakukan pencatatan kode produksi pada bagian tutup botol dan botol. Pada proses *labelling* klasifikasi jenis cacat dibedakan menjadi dua yaitu cacat label *supplier* dan cacat label proses.

6. Proses Inspeksi II dengan EVC

Setelah melewati mesin *labelling*, produk akan berjalan dengan *conveyor* melewati mesin EVC untuk kedua kalinya. Di proses inspeksi yang kedua ini, mesin akan mendeteksi apakah label sudah terpasang dengan sempurna dan apakah kode produksi sudah tercetak dengan jelas. Sama seperti pada proses inspeksi I, produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi akan *direct* dan dijatuhkan secara otomatis ke dalam bak penampungan.

7. Proses Packaging

Setelah proses *labelling* botol akan ditransfer dengan *conveyor* untuk menuju ke mesin *packaging*. Botol akan terbagi menjadi 24 unit dengan menggunakan *motor holder*. Mesin akan melakukan proses pengepakan secara otomatis. *Box* ditarik dengan *vacuum pad* dan dilakukan perekatan kardus dengan lem secara otomatis, lem ditembakkan dengan *nozzle* dari sisi atas, bawah kiri, dan kanan yang dilengkapi dengan sensor. Lalu dilakukan proses *flapping* atau penutupan *box* dengan cara *pressing*. Apabila terdapat *box* yang tidak tertutup dengan sempurna, maka akan terbaca oleh sensor dan mesin akan berhenti secara otomatis. *Box* yang telah tertutup dengan sempurna akan melewati *conveyor* dan menuju ke proses pengkodean pada *box*. Jenis cacat pada proses ini adalah cacat *box supplier* dan cacat *box* proses.

4.2.1.4 Output

Output yang dihasilkan adalah AQUA botol 600 ml yang dilakukan pengepakan ke dalam suatu *carton box*. Dalam suatu *box* terdapat 24 unit botol.

4.2.1.5 Customer

Customer atau pelanggan atau konsumen dari produk AQUA botol 600 ml ini dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu:

1. Pelanggan perantara (*intermediate customer*), merupakan pihak yang bertindak sebagai perantara, bukan sebagai pemakai akhir produk. Pihak ini melakukan pembelian dalam jumlah besar untuk kemudian dijual lagi. Contohnya adalah distributor yang mendistribusikan produk, retailer seperti minimarket, warung atau toko kelontong.
2. Konsumen akhir, merupakan pembeli dalam jumlah kecil untuk digunakan secara pribadi. Dapat juga dikatakan sebagai pihak yang mengkonsumsi langsung produk AQUA botol 600 ml.

4.2.2 Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) merupakan karakteristik kunci atau spesifikasi yang dapat diukur dari sebuah produk agar dapat memenuhi keinginan dan kebutuhan dari pelanggan. CTQ juga dapat digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan target pencapaian kualitas. Pada tahap *define* di siklus DMAI, dilakukan identifikasi permasalahan kualitas khususnya pada produk AQUA botol 600 ml. Oleh karena itu, perlu diketahui CTQ dan spesifikasi produk agar produk yang dihasilkan dapat sesuai dengan seluruh standar yang ditetapkan. Berikut merupakan Tabel 4.2 yang menggambarkan uraian tentang *Critical to Quality* (CTQ) dan spesifikasi dari proses *capping* AQUA botol 600 ml.

Tabel 4.2

CTQ Proses *Capping* Produk AQUA Botol 600 ml

CTQ	Spesifikasi
Tutup botol terpasang dengan sempurna	Tutup botol tertutup dengan rapat
	<i>Neck</i> tutup botol tidak putus
	<i>Bridge</i> tutup botol tidak putus
	Tutup botol tidak miring
	Tutup botol tidak ada goresan
	Tutup botol tidak melipat luar
	Tutup botol tidak melipat dalam
Botol dalam keadaan baik	Botol tidak penyok dengan tutup
	Botol tidak penyok tanpa tutup

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat 2 CTQ atribut dari proses *capping* pada produk AQUA botol 600 ml. Tutup botol terpasang memiliki spesifikasi yaitu tutup

botol tertutup dengan rapat, *neck* tutup botol tidak putus, *bridge* tutup botol tidak putus, tutup botol tidak miring, tutup botol tidak ada goresan, tutup botol tidak melipat luar dan dalam. Sedangkan botol dalam keadaan baik memiliki spesifikasi dimana botol tidak penyok dengan tutup dan botol tidak penyok dan tanpa tutup.

4.2.3 Identifikasi Jenis Cacat

Berdasarkan data historis perusahaan dan hasil wawancara dengan pihak *Quality Control*, perusahaan mengalami permasalahan berupa tingginya jumlah produk cacat yang dihasilkan pada proses *capping*. Terdapat beberapa jenis cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml. Produk dikatakan cacat apabila tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Berikut Tabel 4.3 merupakan jenis-jenis cacat pada proses *capping*.

Tabel 4.3
Jenis Cacat pada Proses *Capping*

Jenis Cacat	Gambar	Deskripsi
Tutup cacat		Terjadi kerusakan pada tutup botol berupa hilang atau terpotongnya sebagian tutup botol pada saat proses pemasangan tutup.
Tutup putus		Tutup telah terpasang pada botol, namun <i>neck</i> putus. Sehingga produk menjadi tidak layak jika didistribusikan kepada konsumen.
Tutup melipat dalam		Pada saat proses pemasangan tutup, <i>capper</i> terlalu kuat sehingga menyebabkan tutup melipat atau masuk ke dalam botol.
Tutup melipat luar		Pada saat proses pemasangan tutup, <i>capper</i> terlalu kuat sehingga menyebabkan tutup botol terlipat ke arah luar.
Tutup miring		Tutup botol terpasang dengan miring dan tidak sesuai dengan mulut botol, sehingga menyebabkan tutup menjadi mudah terbuka.

Jenis Cacat	Gambar	Deskripsi
Tutup kurang rapat		Pada saat membuka tutup botol diperlukan dua kali putaran, putaran pertama disebut dengan <i>seal</i> torsi. Sedangkan putaran kedua disebut dengan <i>band</i> torsi. Jenis cacat tutup kurang rapat ini adalah kondisi dimana tutup mudah terbuka hanya satu putaran pertama saja.
Tanpa tutup		Botol telah melewati proses pemasangan tutup, namun tutup tidak terpasang.
Botol penyok tanpa tutup		Botol sudah terisi air namun botol penyok dan juga tidak terpasang tutup botol. Namun cacat jenis ini sangat jarang terjadi.
Botol penyok dengan tutup		Botol sudah terisi air dan terpasang tutup, namun terdapat bagian botol yang penyok.

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat 9 jenis cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml. Jenis cacat tersebut yaitu tutup cacat, tutup putus, tutup melipat dalam, tutup melipat luar, tutup miring, tutup kurang rapat, tanpa tutup, botol penyok tanpa tutup, dan botol penyok dengan tutup.

4.3 Tahap Measure

Tahap *measure* adalah tahap kedua dalam siklus *six sigma*. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml. Dalam penelitian ini, data yang diambil adalah data selama bulan April 2018. Setelah itu dilakukan pembuatan peta kontrol P, perhitungan *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan level sigma serta menghitung kapabilitas proses.

4.3.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data produk cacat selama bulan April 2018. Data yang dikumpulkan adalah data produk cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml (dapat dilihat pada Lampiran 1).

4.3.2 Peta Kontrol Data Atribut

Terdapat beberapa *tools* yang dapat digunakan dalam melakukan pengendalian kualitas statistik. Salah satunya adalah peta kontrol. Peta kontrol berfungsi untuk mengetahui apakah cacat yang dihasilkan masih dalam batas kendali. Peta kontrol untuk data atribut terdiri dari *P-chart*, *NP-chart*, *C-chart*, dan *U-chart*. Pada penelitian ini peta kontrol yang digunakan adalah peta kontrol P dikarenakan perusahaan melakukan 100% inspeksi dengan mengambil seluruh populasi, dimana jumlah populasi ini bervariasi. Berikut Tabel 4.4 merupakan pengolahan data dalam pembuatan Peta Kontrol P.

Tabel 4.4
Pengolahan Data Peta Kontrol P

Data ke	Jumlah Cacat	Total produksi	Proporsi cacat	Garis pusat	UCL	LCL
1	2.216	504.960	0,00439	0,00443	0,00471	0,00415
2	2.132	551.040	0,00387	0,00443	0,00468	0,00418
3	2.175	539.520	0,00403	0,00443	0,00469	0,00417
4	2.279	459.840	0,00496	0,00443	0,00474	0,00412
5	2.236	547.200	0,00409	0,00443	0,00468	0,00417
6	1.875	374.400	0,00501	0,00443	0,00477	0,00408
7	2.036	552.960	0,00368	0,00443	0,00467	0,00418
8	2.169	554.880	0,00391	0,00443	0,00468	0,00418
9	2.084	553.920	0,00376	0,00443	0,00467	0,00418
10	1.913	408.960	0,00468	0,00443	0,00475	0,00411
11	1.794	374.640	0,00479	0,00443	0,00476	0,00409
12	1.916	428.264	0,00447	0,00443	0,00473	0,00412
13	2.079	520.320	0,00400	0,00443	0,00469	0,00416
14	2.791	535.680	0,00521	0,00443	0,00472	0,00413
15	2.020	539.520	0,00374	0,00443	0,00468	0,00418
16	2.034	502.080	0,00405	0,00443	0,00470	0,00416
17	2.164	485.600	0,00446	0,00443	0,00471	0,00414
18	2.044	465.600	0,00439	0,00443	0,00472	0,00414
19	2.099	458.880	0,00457	0,00443	0,00473	0,00413
20	2.315	526.940	0,00439	0,00443	0,00470	0,00415
21	2.206	497.360	0,00444	0,00443	0,00471	0,00414
22	2.384	512.640	0,00465	0,00443	0,00471	0,00414
23	3.449	501.120	0,00688	0,00443	0,00478	0,00408
24	2.358	525.120	0,00449	0,00443	0,00470	0,00415
Total	52.768	11.921.444				

Berikut adalah langkah perhitungan pada pembuatan peta kontrol P:

1. Menghitung proporsi produk cacat dalam setiap subgrup:

$$\text{Contoh proporsi cacat pada data ke-1} = \frac{x}{n} = \frac{2.216}{504.960} = 0,00439$$

2. Menentukan garis pusat

$$\text{Garis pusat } (\bar{p}) = \frac{\sum_{i=1}^g p_i}{g} = \frac{52.768}{11.921.444} = 0,00443$$

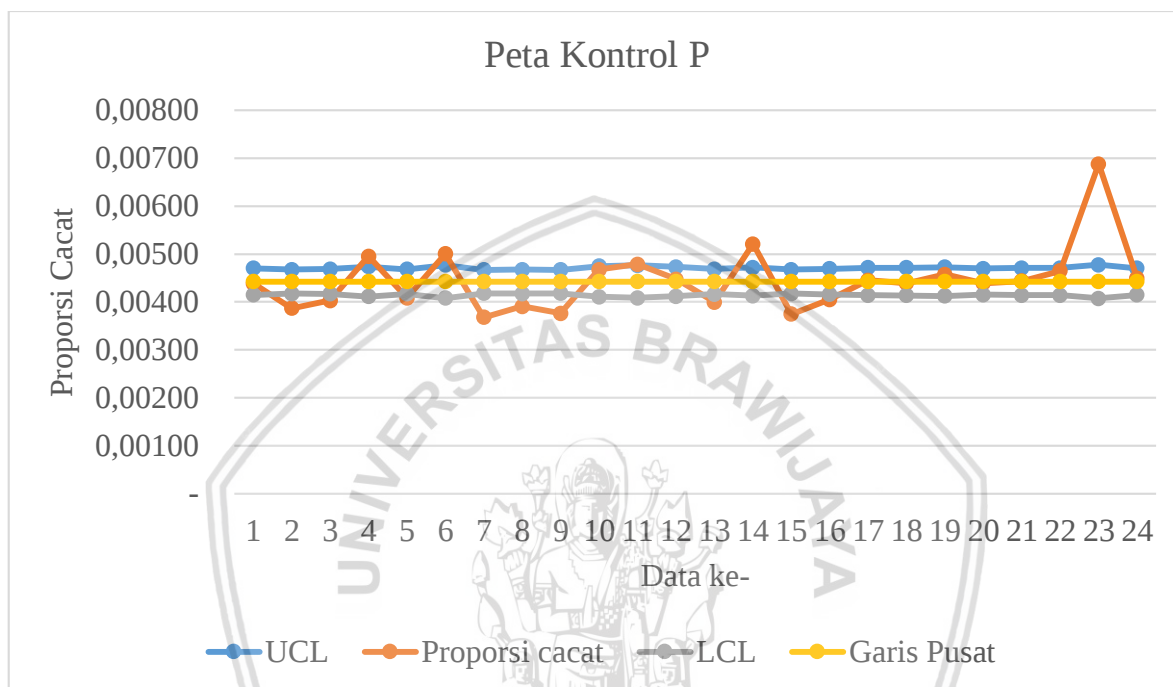
3. Menentukan batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL)

Contoh perhitungan data ke-1

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} = 0,00443 + 3 \sqrt{\frac{0,00443(1-0,00443)}{504.960}} = 0,00471$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} = 0,00443 - 3 \sqrt{\frac{0,00443(1-0,00443)}{504.960}} = 0,00415$$

Berdasarkan perhitungan proporsi, garis pusat, dan batas kendali atas yang telah dilakukan maka diperoleh peta kontrol P yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Peta kontrol P

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa hanya terdapat 10 data yang berada dalam batas kendali, yaitu data ke 1, 10, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, dan 24. Data yang berada di luar batas kendali menunjukkan proses yang belum stabil. Data yang berada di atas UCL menunjukkan proporsi cacat yang dihasilkan melebihi rata-rata proporsi cacat, sedangkan data yang berada di bawah LCL menunjukkan proporsi cacat yang dihasilkan di bawah rata-rata proporsi cacat atau dapat dianggap baik karena menghasilkan proporsi cacat yang sedikit. Meskipun demikian, hal tersebut menunjukkan bahwa proses *capping* AQUA botol 600 ml menjadi tidak stabil dikarenakan ada variasi penyebab khusus. Oleh karena itu, pada tahapan selanjutnya akan dianalisis penyebab permasalahan kualitas dengan menggunakan diagram sebab akibat.

4.3.3 Defect per Million Opportunities (DPMO) dan level sigma

DPMO adalah ukuran kegagalan dalam *Six Sigma* yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan. Nilai DPMO dan level sigma ini merupakan *input* dari perhitungan

kapabilitas proses. Berdasarkan data jenis cacat proses *capping*, maka diperoleh nilai DPMO dan level sigma jenis cacat proses *capping* adalah sebagai berikut:

$$1. \text{ DPMO} = \left(\frac{\text{Banyak unit yang cacat}}{\text{Banyaknya unit yang diperiksa}} \right) \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = \left(\frac{52.768}{11.921.444} \right) \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = 4.426,3$$

$$2. \text{ Level sigma} = \text{normsinv} \left(\frac{1.000.000 - \text{DPMO}}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level sigma} = \text{normsinv} \left(\frac{1.000.000 - 4.426,3}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Level sigma} = 4,12$$

Dari hasil perhitungan DPMO dan level sigma yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa proses *capping* AQUA botol 600 ml memiliki nilai DPMO sebesar 4.426,3. Artinya dalam satu juta kesempatan akan terdapat 4.426,3 peluang bahwa produk akan mengalami cacat pada proses *capping*. Nilai level sigma adalah sebesar 4,12. Nilai ini mengindikasikan bahwa proses produksi yang telah dilakukan perusahaan sudah baik, namun perlu dilakukan upaya perbaikan berkelanjutan untuk mengurangi tingginya cacat yang masih terjadi.

4.3.4 Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja untuk mengetahui kemampuan dari proses apakah dapat menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Nilai kapabilitas proses diperoleh dari nilai level sigma yang telah dikonversikan dari hasil nilai DPMO. Berikut adalah perhitungan kapabilitas proses cacat pada proses *capping* untuk data atribut berdasarkan Rumus 2-4.

$$\text{Indeks kapabilitas proses (Cp)} = \frac{\text{Level sigma}}{3} = \frac{4,12}{3} = 1,37$$

Dari hasil perhitungan indeks kapabilitas proses untuk cacat karena proses *capping* diperoleh nilai indeks kapabilitas proses sebesar 1,37. Nilai indeks ini menunjukkan bahwa proses dianggap cukup mampu, namun diperlukan upaya-upaya peningkatan kualitas karena hasil tersebut sebenarnya masih dianggap kurang baik jika dilihat dari persebaran nilai hasil observasi pada perhitungan peta kontrol P. Sehingga perlu dicari penyebab dari permasalahan produk cacat yang terjadi untuk dilakukan perbaikan dan peningkatan kualitas pada proses *capping* AQUA botol 600 ml.

4.4 Tahap Analyze

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini dilakukan analisis cacat 80% tertinggi menggunakan diagram pareto. Setelah itu dilakukan analisis penyebab permasalahan kualitas pada proses *capping* untuk menemukan akar dan sumber masalah menggunakan diagram sebab akibat. Kemudian dilakukan pemilihan prioritas dari penyebab kegagalan masalah kualitas pada cacat karena proses *capping* menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang diperoleh berdasarkan nilai RPN tertinggi.

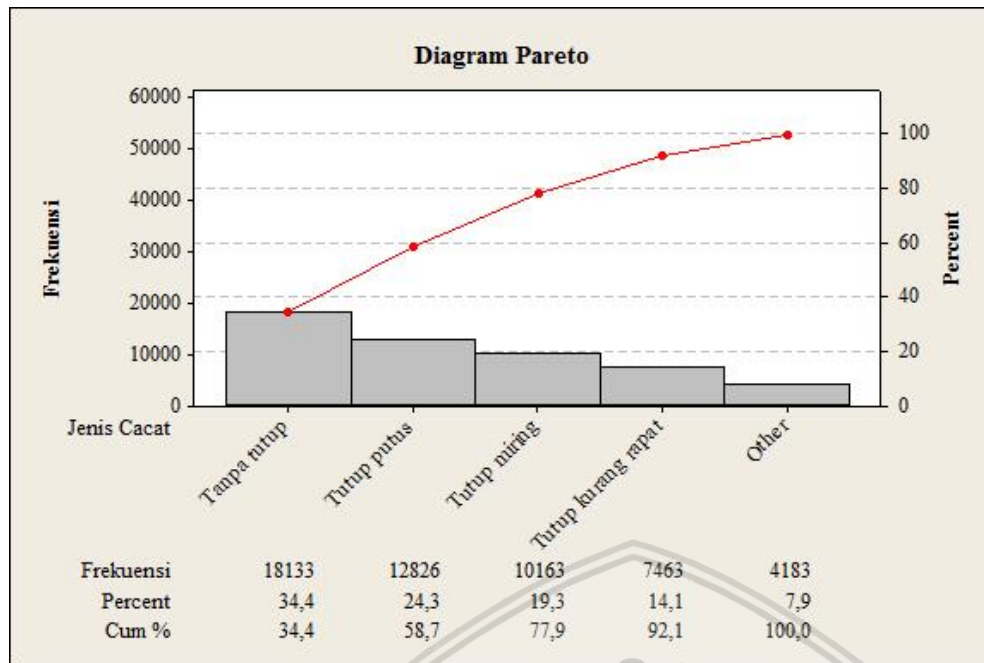
4.4.1 Analisis Cacat dengan Diagram Pareto

Dari 9 jenis cacat yang terdapat pada proses *capping*, akan dipilih jenis cacat mana yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini. Diagram pareto menunjukkan perbandingan jenis-jenis cacat yang kemudian dirutkan dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil di sebelah kanan. Pemilihan prioritas jenis cacat ini berdasarkan 80% jenis cacat tertinggi yang paling sering terjadi. Langkah pembuatan diagram pareto ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5
Pembuatan Diagram Pareto

No.	Jenis Cacat	Frekuensi (unit)	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1.	Tanpa tutup	18.133	18.133	34,36%	34,36%
2.	Tutup putus	12.826	30.959	24,31%	58,67%
3.	Tutup miring	10.163	41.122	19,26%	77,93%
4.	Tutup kurang rapat	7.463	48.585	14,14%	92,07%
5.	Tutup melipat luar	1.195	49.780	2,26%	94,34%
6.	Tutup Cacat	1.058	50.838	2,01%	96,34%
7.	Botol Penyok dengan tutup	996	51.834	1,89%	98,23%
8.	Botol penyok tanpa tutup	512	52.346	0,97%	99,20%
9.	Tutup melipat dalam	55	52.768	0,10%	100%
	Total	52.768		100%	

Diagram pareto dari cacat pada proses *capping* ditunjukkan pada Gambar 4.9. Dari Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa 80% cacat yang paling sering terjadi adalah jenis cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat. Jenis cacat tanpa tutup berjumlah sebanyak 18.133 unit dengan persentase sebesar 34,4%. Selanjutnya adalah cacat tutup putus sebanyak 12.826 unit dengan persentase sebesar 24,3%, Cacat tutup miring sebanyak 10.163 unit dengan persentase sebesar 19,3%, dan cacat tutup kurang rapat sebanyak 7.463 dengan persentase sebesar 14,1%. Keempat jenis cacat ini akan dibahas lebih lanjut untuk dianalisis penyebabnya serta diberikan usulan rekomendasi perbaikan guna mengurangi tingkat cacat yang terjadi.



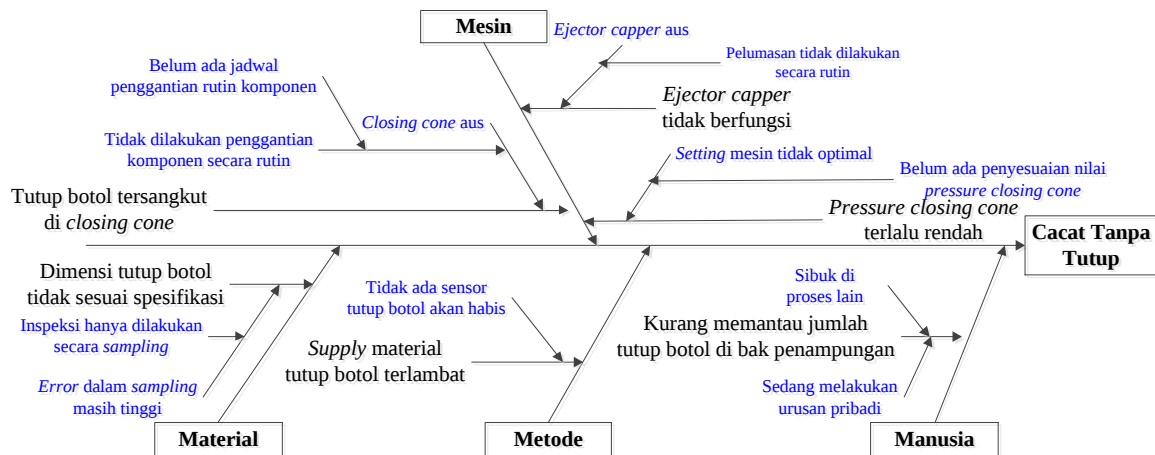
Gambar 4.9 Diagram pareto cacat proses *capping*

4.4.2 Analisis Diagram Sebab Akibat

Berdasarkan permasalahan jenis cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml di Line 3, *Manufacturing Area 4*, PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan, maka diperlukan analisis untuk mengetahui faktor yang menyebabkan terjadinya produk cacat. Analisis dilakukan pada 80% jenis cacat tertinggi pada Diagram Pareto yang telah dibuat sebelumnya, yaitu cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat. Analisis dilakukan dengan menggunakan diagram sebab akibat. Diagram sebab akibat merupakan salah satu dari 7 *tools* dalam pengendalian kualitas yang berfungsi untuk menjabarkan penyebab permasalahan ditinjau dari segi *man*, *machine*, *methods*, *material*, *environment*, dan *money*. Namun selama pembuatan diagram sebab akibat dilakukan, faktor penyebab dari produk cacat adalah karena faktor mesin, material, manusia, dan metode. Dimana setiap faktor ini memiliki akar penyebab yang berbeda-beda. Hasil dari diagram sebab akibat ini diperoleh berdasarkan pengamatan secara langsung, wawancara, dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan, seperti operator produksi, supervisor *Quality Assurance* (QA), *maintenance planner* dan teknisi proses. Berikut merupakan hasil dari pembuatan diagram sebab akibat yang telah dilakukan.

4.4.2.1 Diagram Sebab Akibat Cacat Tanpa Tutup

Berikut ini adalah diagram sebab akibat dari jenis cacat tanpa tutup yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram sebab akibat cacat tanpa tutup

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa jenis cacat tanpa tutup disebabkan oleh faktor manusia, material, metode, dan mesin.

1. Faktor Manusia

Dari faktor manusia, penyebab terjadinya cacat tanpa tutup adalah karena operator kurang memantau ketersediaan jumlah tutup botol yang ada di elevator. Operator di ruang *filling* line 3 ini hanya berjumlah 1 orang saja dikarenakan sistem kerja mesin yang serba otomatis sehingga hanya membutuhkan sedikit tenaga manusia. Operator bertugas dalam memasukkan tutup botol ke dalam elevator. Mesin *filling* dan mesin *capping* akan selalu bergerak jika dinyalakan, sehingga tutup botol akan berkurang karena menuju *hopper*, apabila operator terlambat dalam melakukan pengisian ulang tutup botol ke dalam elevator, maka akan menyebabkan terjadinya cacat tanpa tutup. Keterlambatan operator dalam memasukkan tutup botol ke dalam elevator terjadi karena operator sedang melakukan proses lain, misalnya operator sedang melakukan *setting* mesin, sedang membersihkan tutup yang jatuh dari *hopper*, atau sedang melakukan pengukuran *seal* torsi dan *band* torsi. Sehingga operator tidak mengetahui bahwa ketersediaan tutup botol di elevator sudah habis. Faktor lain adalah karena operator sedang melakukan urusan pribadi, misalnya sedang ke toilet dan bermain ponsel.

2. Faktor Material

Dari faktor material, penyebab terjadinya cacat tanpa tutup adalah karena dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Perusahaan memperoleh tutup botol dari *supplier*. Perusahaan telah menetapkan dimensi tutup botol dengan ukuran diameter 28 mm dan tinggi 14 mm. Berdasarkan inspeksi secara sampling di *incoming* material, ditemukan beberapa tutup botol dari *supplier* yang memiliki ukuran dimensi kurang atau lebih dari standar yang ditentukan oleh

perusahaan. Perbedaan dimensi ukuran ini menyebabkan tutup botol tidak dapat terpasang secara sempurna pada komponen mesin, sehingga menyebabkan terjadinya cacat tanpa tutup. Sebelum tutup botol diproses akan dilakukan inspeksi terlebih dahulu. Namun proses inspeksi ini hanya dilakukan secara *sampling* dengan mengambil beberapa tutup botol saja. Sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa terjadi kesalahan atau *error* berupa meloloskan produk yang cacat dimana tutup botol yang cacat tetap digunakan dalam proses pemasangan tutup botol.

3. Faktor Metode

Dari faktor material, penyebab terjadinya cacat tanpa tutup adalah karena *supply* material tutup terlambat. Pengisian material tutup ini dilakukan secara manual oleh operator *filling*. Tidak ada sensor yang memberikan indikasi bahwa ketersediaan tutup botol di dalam elevator akan habis, sehingga apabila terjadi kekosongan tutup botol maka tidak ada tutup botol yang dapat tersalur ke dalam mesin *capping*. Hal ini menyebabkan terjadinya cacat tanpa tutup.

4. Faktor Mesin

Dari faktor mesin, penyebab terjadinya cacat tanpa tutup adalah karena tutup tersangkut di *closing cone*. *Closing cone* adalah salah satu komponen dari mesin *capping* yang berfungsi untuk memposisikan *cap* atau tutup botol ke botol secara langsung. Setelah dari mesin akan melakukan *press* ke botol, sehingga tutup dapat terpasang. Namun jika tutup botol tersangkut di *closing cone*, maka akan terjadi cacat tanpa tutup. Gambar 4.11 merupakan gambar dari *closing cone*.



Gambar 4.11 *Closing cone*

Faktor yang menyebabkan tutup botol tersangkut di *closing cone* adalah karena *closing cone* telah aus akibat dari penggunaan mesin secara terus-menerus. Selama ini perbaikan yang dilakukan oleh perusahaan hanya melakukan penggantian komponen *closing cone*

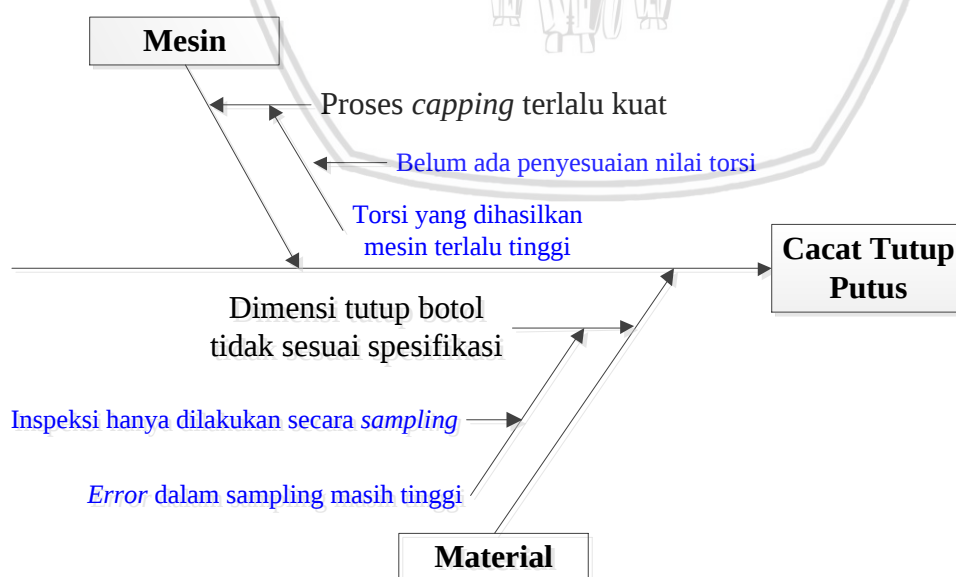
ketika komponen telah rusak saja. Jadi belum ada jadwal rutin mengenai penggantian komponen *closing cone*.

Selain itu faktor lain yang menyebabkan terjadinya cacat tanpa tutup adalah karena *ejector capper* tidak berfungsi karena telah aus. Hal yang menyebabkan *ejector capper* aus adalah karena penggunaan mesin secara terus-menerus. Sehingga diperlukan pelumasan komponen secara rutin. Berdasarkan buku petunjuk penggunaan mesin, *capper* harus dilakukan pelumasan setiap 1 bulan sekali. Operator melakukan pelumasan dengan jadwal yang tidak pasti, kadang di awal bulan, tengah bulan, dan akhir bulan. Jadi durasi pelumasan dari bulan satu ke bulan berikutnya tidak pasti karena pelumasan tidak dilakukan secara rutin.

Penyebab cacat tanpa tutup yang lain dari faktor mesin adalah karena *pressure closing cone* terlalu rendah. Hal ini diakibatkan oleh efisiensi mesin *capping* berkurang karena pemakaian mesin yang dilakukan terus menerus sehingga mengakibatkan nilai *pressure closing cone* harus dilakukan pengaturan kembali untuk menyesuaikan kondisi mesin saat ini. Pengaturan mesin yang dilakukan perusahaan saat ini adalah berdasarkan intuisi oleh operator sehingga hasilnya kurang optimal.

4.4.2.2 Diagram Sebab Akibat Cacat Tutup Putus

Berikut ini adalah diagram sebab akibat dari jenis cacat tutup putus yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Diagram sebab akibat cacat tutup putus

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa cacat tutup putus disebabkan oleh faktor material dan mesin.

1. Faktor Material

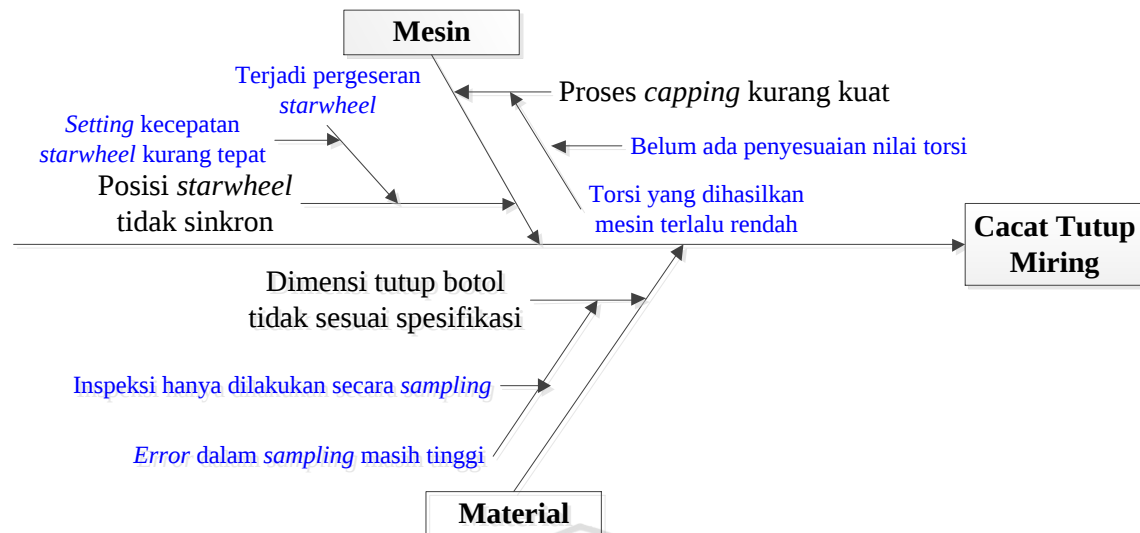
Dari faktor material, penyebab terjadinya cacat tutup putus adalah karena kualitas material tutup botol dari *supplier* yang buruk, dikarenakan tiap *supplier* menghasilkan *bridge strength* yang berbeda-beda. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, *bridge* adalah bagian tutup botol yang berada diantara *cap* dan *neck*. *Bridge strength* adalah kekuatan tutup botol untuk menahan tekanan yang diberikan dari luar. Apabila *bridge strength* terlalu kuat, maka mesin akan sulit untuk melakukan pemasangan tutup botol. Namun jika *bridge strength* terlalu lemah, maka bagian *neck* pada tutup botol menjadi mudah putus. Standar *bridge strength* yang ditetapkan oleh perusahaan adalah sebesar 1,8-2,4 kgf. Selain itu, faktor yang dapat menyebabkan terjadinya cacat tutup putus adalah karena material tutup botol yang dihasilkan oleh *supplier* sudah putus. Sehingga produk yang dihasilkan pun menjadi cacat tutup putus. Sebelum tutup botol diproses akan dilakukan inspeksi terlebih dahulu. Namun proses inspeksi ini hanya dilakukan secara *sampling* dengan mengambil beberapa tutup botol saja. Sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa terjadi kesalahan atau *error* berupa meloloskan produk yang cacat dimana tutup botol yang cacat tetap digunakan dalam proses pemasangan tutup botol.

2. Faktor Mesin

Dari faktor mesin, penyebab terjadinya cacat tutup putus adalah karena proses *capping* terlalu kuat. Hal ini dikarenakan torsi mesin terlalu tinggi. Efisiensi mesin *capping* berkurang karena pemakaian mesin yang dilakukan terus menerus sehingga mengakibatkan nilai torsi harus dilakukan pengaturan kembali untuk menyesuaikan kondisi mesin saat ini. Pengaturan mesin yang dilakukan perusahaan saat ini adalah berdasarkan intuisi oleh operator sehingga hasilnya kurang optimal.

4.4.2.3 Diagram Sebab Akibat Cacat Tutup Miring

Diagram sebab akibat dari jenis cacat tutup miring yang ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Diagram sebab akibat cacat tutup miring

Berdasarkan Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa jenis cacat tutup miring disebabkan oleh faktor material dan mesin.

1. Faktor Material

Dari faktor material, penyebab terjadinya cacat tutup miring adalah karena kualitas material tutup botol yang dihasilkan oleh *supplier* tidak memiliki dimensi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Diameter tutup botol memiliki ukuran dimensi 28 mm, apabila tutup botol terlalu besar, maka tutup botol tidak dapat terpasang secara sempurna pada botol sehingga menyebabkan tutup botol terpasang dengan miring. Sebelum tutup botol diproses akan dilakukan inspeksi terlebih dahulu. Namun proses inspeksi ini hanya dilakukan secara *sampling* dengan mengambil beberapa tutup botol saja. Sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa terjadi kesalahan atau *error* berupa meloloskan produk yang cacat dimana tutup botol yang cacat tetap digunakan dalam proses pemasangan tutup botol.

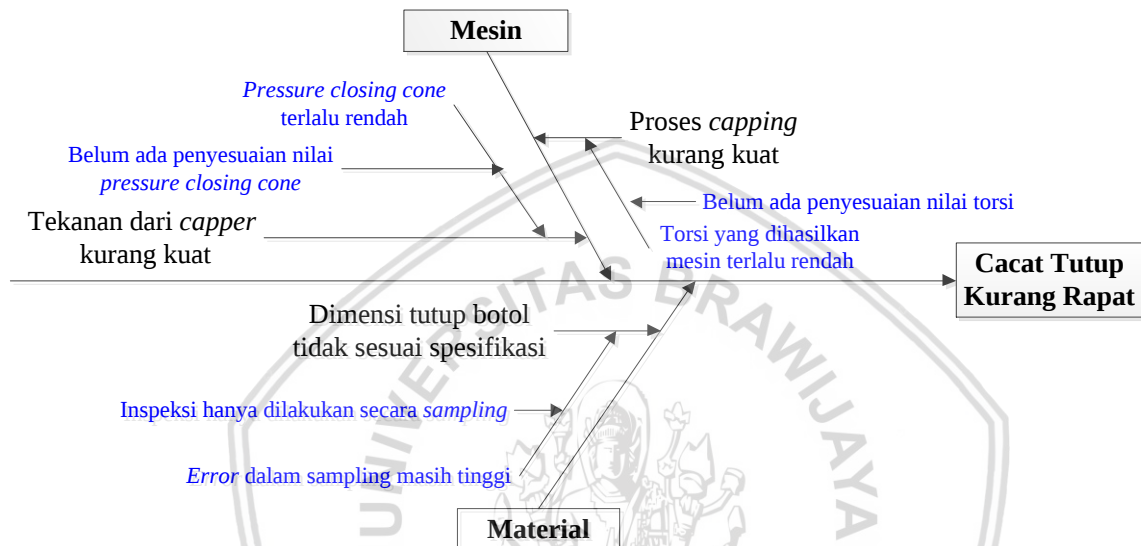
2. Faktor Mesin

Dari faktor mesin, penyebab terjadinya cacat tutup miring adalah karena proses *capping* yang kurang kuat. Hal ini dikarenakan torsi mesin terlalu rendah. Efisiensi mesin *capping* berkurang karena pemakaian mesin yang dilakukan terus menerus sehingga mengakibatkan nilai torsi harus dilakukan pengaturan kembali untuk menyesuaikan kondisi mesin saat ini. Pengaturan mesin yang dilakukan perusahaan saat ini adalah berdasarkan intuisi oleh operator sehingga hasilnya kurang optimal.

Selain itu, faktor dari mesin lain adalah karena posisi *starwheel* tidak sinkron. Hal ini terjadi karena kecepatan mesin berjalan lebih lambat atau lebih cepat dari kecepatan *starwheel* sehingga terjadi pergeseran *starwheel* dan terjadi cacat tutup miring.

4.4.2.4 Diagram Sebab Akibat Cacat Tutup Kurang Rapat

Berikut ini adalah diagram sebab akibat dari jenis cacat tutup kurang rapat yang ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Diagram sebab akibat cacat tutup kurang rapat

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa jenis cacat tutup kurang rapat disebabkan oleh faktor material dan mesin.

1. Faktor Material

Dari faktor material, penyebab terjadinya cacat tutup kurang rapat adalah karena kualitas material tutup botol yang dihasilkan oleh *supplier* memiliki dimensi diluar spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Diameter tutup botol memiliki ukuran dimensi 28 mm, apabila tutup botol terlalu besar, maka tutup botol tidak dapat terpasang secara sempurna pada botol sehingga menyebabkan tutup botol terpasang kurang rapat. Sebelum tutup botol diproses akan dilakukan inspeksi terlebih dahulu. Namun proses inspeksi ini hanya dilakukan secara *sampling* dengan mengambil beberapa tutup botol saja. Sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa terjadi kesalahan atau *error* berupa meloloskan produk yang cacat dimana tutup botol yang cacat tetap digunakan dalam proses pemasangan tutup botol.

2. Faktor Mesin

Dari faktor mesin, penyebab terjadinya cacat tutup kurang rapat adalah karena proses *capping* yang kurang kuat. Hal ini dikarenakan torsi yang dihasilkan mesin terlalu rendah, sehingga tutup terpasang dengan kurang rapat. Selain itu adalah karna tekanan dari *capper* kurang kuat akibat dari *setting pressure closing cone* yang terlalu rendah. Efisiensi mesin *capping* berkurang karena pemakaian mesin yang dilakukan terus menerus sehingga mengakibatkan nilai *pressure closing cone* dan nilai torsi harus dilakukan pengaturan kembali untuk menyesuaikan kondisi mesin saat ini. Pengaturan mesin yang dilakukan perusahaan saat ini adalah berdasarkan intuisi oleh operator sehingga hasilnya kurang optimal.

4.4.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu metode pentabelan untuk mengidentifikasi dan mencegah mode kegagalan. Proses pengisian tabel FMEA dilakukan dengan diskusi dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan yang benar-benar paham dengan masalah kualitas produk AQUA botol 600 ml. Tabel FMEA terdiri dari nilai *severity*, *occurence*, dan *detection*. Kriteria dari *rating severity* dapat dilihat pada Tabel 2.3, kriteria dari *rating occurence* dapat dilihat pada Tabel 2.4, dan kriteria dari *rating detection* dapat dilihat pada Tabel 2.5. Berdasarkan hasil perhitungan data pengamatan dan wawancara yang dilakukan dengan pihak operator dan *Supervisor Quality Assurance* didapatkan Tabel FMEA yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

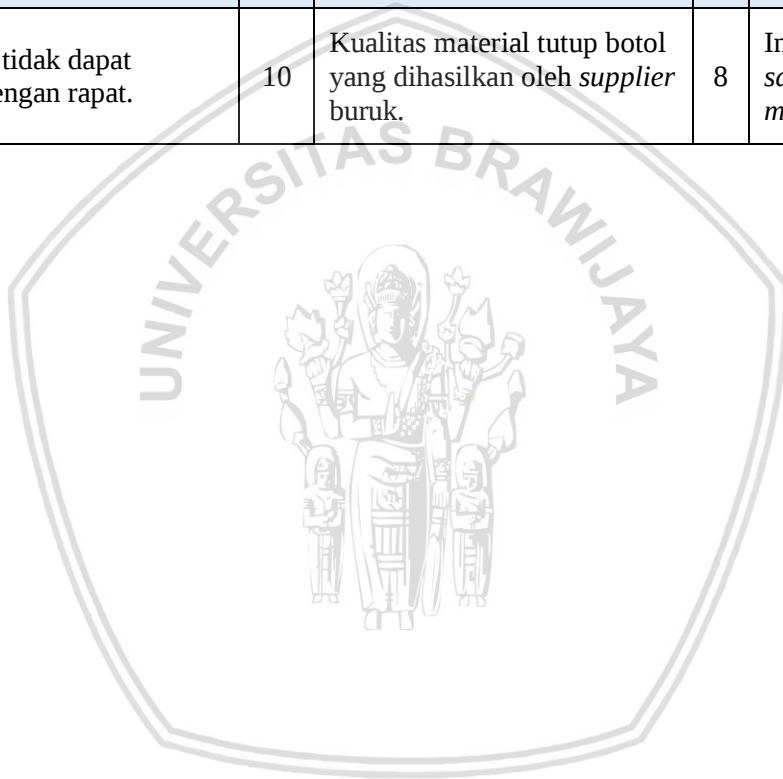
Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa setiap tabel memiliki nilai yang berbeda-beda. Keseluruhan nilai *severity* pada Tabel FMEA bernilai 10. Menurut Gaspersz (2000), *severity* merupakan suatu estimasi atau perkiraan subjektif tentang bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan itu. Kecacatan seperti cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat merupakan suatu cacat yang tidak dapat ditolerir oleh konsumen. Konsumen tidak akan mau untuk membeli AQUA botol 600 ml jika tanpa tutup dan tutupnya mengalami cacat. Sehingga tidak mungkin perusahaan mendistribusikan produk yang cacat tersebut. Cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat merupakan jenis cacat yang tidak dapat diperbaiki atau tidak dapat dilakukan *rework*, karena sistem produksi di perusahaan adalah *in line process*. Setiap mesin dan peralatan disusun berdasarkan urutan proses produksi dan terus bergerak dan berjalan melalui *conveyor*. Botol yang sudah melewati proses pemasangan tutup dan terjadi cacat maka tidak dapat dikembalikan ke proses sebelumnya. Berdasarkan Tabel 2.3 nilai *severity* yang tepat untuk diberikan adalah 10. Cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat termasuk ke dalam *potential safety problems* (masalah keselamatan/keamanan

Tabel 4.6
Tabel FMEA

Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effect	Severity	Potential Causes	Occurence	Current Controls	Detection	RPN = S×O×D
Tanpa Tutup	<i>Ejector capper</i> tidak berfungsi	Tutup botol tidak terpasang, padahal sudah melewati proses pemasangan tutup.	10	<i>Ejector capper</i> aus karena penggunaan mesin secara terus menerus	3	Melakukan pelumasan komponen <i>ejector capper</i> tetapi tidak secara rutin.	5	150
	Tutup tersangkut di <i>closing cone</i>	Tutup botol tidak bisa lepas dari <i>closing cone</i> sehingga tutup tidak terpasang pada botol.	10	Tutup botol lengket pada <i>closing cone</i> .	4	Penggantian komponen <i>closing cone</i> .	4	160
	<i>Pressure closing cone</i> terlalu rendah	<i>Closing cone</i> tidak dapat menutup botol dengan sempurna, sehingga tutup botol tidak terpasang.	10	<i>Setting pressure closing cone</i> kurang optimal.	6	Operator melakukan <i>setting pressure closing cone</i> hanya berdasarkan intuisi.	9	540
	Dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan.	Tutup botol mudah tersangkut di <i>closing cone</i> , sehingga tutup tidak dapat terpasang ke botol.	10	Kualitas material tutup yang dihasilkan oleh <i>supplier</i> buruk, tutup botol memiliki dimensi yang terlalu besar sehingga mudah tersangkut.	8	Inspeksi material secara <i>sampling</i> di bagian <i>incoming material</i> .	7	560
	<i>Supply material</i> tutup terlambat	Terjadi kekosongan tutup botol di mesin <i>capping</i> , sehingga pada saat melakukan <i>pressing</i> tidak ada tutup botol yang terpasang.	10	Operator terlambat dalam melakukan pengisian tutup botol di bak penampungan yang terletak di bawah elevator.	4	Pengecekan banyaknya tutup botol yang terdapat di bak penampungan oleh operator secara visual.	3	120

Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effect	Severity	Potential Causes	Occurrence	Current Controls	Detection	RPN = S×O×D
Tutup putus	Proses <i>capping</i> terlalu kuat	Neck tutup botol menjadi putus.	10	Torsi yang dihasilkan mesin terlalu tinggi	6	Operator melakukan <i>setting</i> torsi hanya berdasarkan intuisi	9	540
	Tutup botol sudah putus dari <i>supplier</i>	Tutup menjadi mudah putus.	10	Kualitas material yang dihasilkan oleh <i>supplier</i> buruk.	8	Inspeksi material secara <i>sampling</i> di bagian <i>incoming material</i> .	7	560
Tutup miring	Posisi <i>starwheel</i> tidak sinkron	Pada saat <i>capper</i> melakukan <i>pressing</i> posisinya tidak sesuai dengan botol, sehingga tutup menjadi terpasang dengan miring.	10	<i>Starwheel</i> mengalami pergeseran akibat penggunaan mesin secara terus menerus	3	Melakukan sinkronisasi <i>starwheel</i> setiap pergantian shift.	3	90
	Proses <i>capping</i> kurang kuat.	Mesin <i>capping</i> tidak dapat melakukan pemasangan tutup dengan erat dan kuat ke bagian botol.	10	Torsi yang dihasilkan mesin terlalu rendah	6	Operator melakukan <i>setting</i> torsi hanya berdasarkan intuisi.	9	540
	Dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan.	Tutup botol terpasang dengan miring.	10	Kualitas material yang dihasilkan oleh <i>supplier</i> buruk.	8	Inspeksi material secara <i>sampling</i> di bagian <i>incoming material</i> .	7	560
Tutup kurang rapat	Proses <i>capping</i> kurang kuat	Tutup botol terpasang tidak rapat sehingga mudah terbuka.	10	Torsi yang dihasilkan mesin terlalu rendah	6	Operator melakukan <i>setting</i> torsi hanya berdasarkan intuisi	9	540
	Tekanan dari <i>capper</i> kurang kuat	<i>Closing cone</i> tidak dapat menutup botol dengan sempurna karena kurangnya tekanan yang diberikan, sehingga tutup botol terpasang dengan kurang rapat	10	<i>Setting pressure closing cone</i> kurang optimal.	6	Operator melakukan <i>setting pressure closing cone</i> hanya berdasarkan intuisi.	9	540

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN = S×O×D</i>
	Dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan.	Tutup botol tidak dapat terpasang dengan rapat.	10	Kualitas material tutup botol yang dihasilkan oleh <i>supplier</i> buruk.	8	Inspeksi tutup secara <i>sampling</i> di bagian <i>incoming material</i> .	7	560



potensial) dan akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya. Apabila produk telah mengalami cacat, produk tersebut langsung menjadi *waste*, dimana botol, air, beserta tutupnya harus dibuang. Hal ini merupakan suatu kerugian bagi perusahaan akibat memproduksi produk yang cacat.

Occurence digunakan untuk mengkategorikan nilai ranking berdasarkan probabilitas atau peluang munculnya setiap cacat. Penilaian ini dilakukan secara subjektif berdasarkan pengalaman pihak internal perusahaan. Nilai *occurence* berada pada rentang 1 sampai 10. Nilai 1 menunjukkan probabilitas yang rendah dan nilai 10 menunjukkan bahwa kejadian memiliki nilai probabilitas tinggi.

Detection menggambarkan metode atau ketersediaan alat kontrol yang diterapkan untuk mencegah dan mendeteksi penyebab ketidaksesuaian atau cacat. Pemberian nilai *detection* ini murni berdasarkan penilaian dari *Supervisor Quality Assurance (QA)*, karena *Supervisor QA* dianggap sebagai pihak yang paling paham terkait dengan prosedur pengontrolan kualitas yang telah dilakukan oleh perusahaan sudah berjalan dengan baik atau belum. Pemberian nilai *detection* oleh Supervisor QA ini dengan memperhatikan kriteria ranking *detection* oleh Gaspersz sebagaimana tercantum pada Tabel 2.5.

Setelah membuat FMEA, langkah selanjutnya adalah menentukan prioritas perbaikan dengan melihat nilai RPN tertinggi dari setiap jenis cacat karena semakin tinggi nilai RPN maka semakin tinggi risiko kegagalan yang akan terjadi. Sehingga akan didahulukan untuk dilakukan upaya penanganan lebih lanjut. Berikut Tabel 4.7 merupakan rekap nilai RPN untuk setiap jenis cacat.

Tabel 4.7

Rekap Nilai RPN untuk Setiap Jenis Cacat

Jenis cacat	Jenis kegagalan	RPN
Tanpa tutup	Dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan	560
	<i>Pressure closing cone</i> terlalu rendah	540
Tutup putus	Tutup botol sudah putus dari <i>supplier</i>	560
	Proses <i>capping</i> terlalu kuat	540
Tutup miring	Dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan	560
	Proses <i>capping</i> kurang kuat	540
Tutup kurang rapat	Dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan	560
	Proses <i>capping</i> kurang kuat	540
	Tekanan dari <i>capper</i> kurang kuat	540

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa cacat tanpa tutup disebabkan oleh dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan dan *pressure closing cone* terlalu rendah. Tutup putus disebabkan oleh tutup botol sudah putus dari *supplier* dan proses

capping terlalu kuat. Tutup miring disebabkan oleh dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan dan proses *capping* kurang kuat. Tutup kurang rapat disebabkan oleh dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan, proses *capping* kurang kuat, dan tekanan dari *capper* kurang kuat. Dari keempat jenis cacat tersebut selurunya disebabkan oleh *setting* mesin yang kurang optimal dan material tutup botol tidak sesuai standar. Oleh karena itu diperlukan rekomendasi perbaikan yang dapat menentukan *setting* mesin yang optimal dan mengatasi permasalahan material tutup botol yang tidak sesuai spesifikasi.

4.5 Tahap *Improve*

Tahap *improve* dilakukan untuk merencanakan tindakan perbaikan untuk membuat proses menjadi lebih optimal. Berdasarkan analisis dengan diagram pareto yang telah dilakukan sebelumnya, rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah pada jenis cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat. Permasalahan yang diberikan rekomendasi adalah masalah dengan prioritas risiko tertinggi dari hasil analisis FMEA. Rekomendasi yang diberikan antara lain sebagai berikut.

4.5.1 Penggunaan Mesin Inspeksi Otomatis

Salah satu faktor utama penyebab terjadinya cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat adalah karena kualitas material tutup botol yang tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Saat ini perusahaan hanya melakukan inspeksi kualitas tutup botol secara sampling, yaitu sebanyak 10 unit dari setiap 1 *pack*. Dalam 1 *pack* tutup botol terdapat ± 10.000 unit tutup botol yang diperoleh perusahaan dari *supplier*. Alasan perusahaan hanya melakukan sampling adalah karena sudah dianggap cukup mewakili keseluruhan populasi, dimana dalam 1 *pack* tersebut berasal dari *supplier* yang sama dan melalui proses dan tahapan yang sama. Padahal tidak menutup kemungkinan bahwa terdapat kesalahan pengambilan sampel karena menolak sampel yang baik dan menerima sampel yang buruk. Oleh karena itu, diperlukan inspeksi tutup botol secara keseluruhan. Rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah melakukan inspeksi tutup botol secara keseluruhan dengan mesin inspeksi otomatis. Bagian dan fungsi dari mesin inspeksi tutup botol dijelaskan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8

Bagian dan Fungsi Mesin Inspeksi Tutup Botol

Bagian Komponen	Keterangan
Conveyor control panel 	Sebelum dilakukan inspeksi, tutup botol akan satu per satu bergerak melalui conveyor. Pergerakan conveyor ini diatur dengan menggunakan conveyor control panel. Operator bisa melakukan start/mulai, berhenti, dan mengatur kecepatan conveyor dengan conveyor control panel.
Cap separator 	Operator menaruh tutup botol pada elevator. Setelah itu tutup botol akan bergerak menuju cap separator. Cap separator berfungsi untuk memisahkan tutup botol agar dapat bergerak menjadi satu baris. Tujuannya adalah agar sensor mampu melakukan inspeksi secara satu per satu dari setiap tutup botol.
Inspeksi bagian dalam 	Inspeksi pertama yang dilakukan adalah pada bagian dalam tutup botol. Inspeksi ini bertujuan untuk memastikan bahwa bagian dalam tutup botol memiliki spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Proses inspeksi ini dilakukan dengan sistem sensor. Jadi tutup botol yang tidak sesuai spesifikasi akan ditolak dan tidak digunakan dalam proses pemasangan tutup botol.
Inspeksi bagian luar 	Inspeksi kedua yang dilakukan adalah pada bagian luar tutup botol. Inspeksi ini bertujuan untuk memastikan bahwa bagian luar tutup botol memiliki spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Proses inspeksi ini dilakukan dengan sistem sensor. Jadi tutup botol yang tidak sesuai spesifikasi akan ditolak dan tidak digunakan dalam proses pemasangan tutup botol.
Reject Station 	Tutup botol yang tidak lolos inspeksi akan ditolak secara otomatis oleh mesin dan dikumpulkan dalam tempat khusus agar tidak digunakan lagi.
Rel capping 	Sedangkan tutup botol yang lolos inspeksi akan bergerak melalui rel untuk dilakukan proses pemasangan tutup botol.

Dengan melakukan inspeksi tutup botol secara keseluruhan maka kesalahan inspeksi kualitas tutup botol dapat diminimalisir. Sehingga nantinya tutup botol yang dilakukan proses pemasangan tutup adalah tutup botol yang baik atau tidak cacat. Jadi, produk cacat yang dihasilkan pada proses pemasangan tutup botol dapat berkurang. Selain itu inspeksi secara keseluruhan juga dapat mengurangi waste, karena dari awal sudah diseleksi tutup botol yang baik saja. Jadi yang dibuang hanya tutup botolnya saja. Hal ini berbeda jika tutup

botol yang cacat tetap dapat lolos untuk dilakukan proses pemasangan tutup botol, maka *waste* yang terjadi adalah tutup botol, botol plastik, dan air mineralnya.

4.5.2 *Response Surface Methodology (RSM)*

Berdasarkan analisis penyebab cacat yang telah dilakukan sebelumnya, perusahaan mengalami permasalahan dalam hal kurang optimalnya *setting* parameter mesin. Produk cacat yang dihasilkan adalah akibat dari efisiensi mesin yang berkurang. Berkurangnya efisiensi mesin disebabkan oleh pemakaian mesin yang dilakukan terus menerus sehingga mengakibatkan nilai torsi dan *pressure closing cone* harus dilakukan pengaturan kembali yang dicocokkan dengan kondisi mesin saat ini. Apabila nilai torsi terlalu tinggi maka dapat menyebabkan tutup mudah putus, namun sebaliknya jika torsi terlalu rendah maka dapat menyebabkan cacat tutup miring dan tutup kurang rapat. Apabila nilai *pressure closing cone* terlalu rendah maka dapat menyebabkan cacat tanpa tutup dan tutup kurang rapat. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk menentukan nilai *setting* parameter mesin yang optimal. Metode yang paling sesuai yaitu *Response Surface Methodology (RSM)*. *Response Surface Methodology* adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan titik optimum pada *setting* mesin yang bertujuan untuk mengurangi produk cacat semaksimal mungkin. Berikut merupakan langkah-langkah pengerjaan RSM.

1. Penentuan faktor

Setting mesin yang mempengaruhi pemasangan tutup botol pada proses *capping* AQUA botol 600 ml adalah torsi dan *pressure closing cone*. Pada torsi, terdapat dua *setting* torsi yaitu *seal* torsi dan *band* torsi. Untuk mempermudah dalam identifikasi pada perhitungan, maka dilakukan pemberian simbol sebagai berikut.

Seal torsi: x_1

Band torsi: x_2

Pressure closing cone: x_3

2. Penentuan *setting* faktor

Penentuan *setting* faktor dipilih berdasarkan kondisi yang biasa digunakan perusahaan ketika berproduksi. *Setting* yang ditetapkan disimbolkan dengan angka 0, karena merupakan pusat dari level penelitian. Berikut merupakan *setting* awal perusahaan.

Seal torsi: 7,5 lb.in

Band torsi: 11 lb.in

Pressure closing cone: 3 bar

3. Penetapan *range* faktor

Penetapan *range* faktor bertujuan untuk menentukan level rendah dan level tinggi dari faktor yang diteliti. Level tinggi disimbolkan dengan angka 1 sedangkan level rendah disimbolkan dengan angka -1. Penetapan *range* dari setiap faktor ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9

Penetapan *Range* Faktor

Faktor	-1	0	1
<i>Seal</i> torsi	6,5 lb.in	7,5 lb.in	8,5 lb.in
<i>Band</i> torsi	10 lb.in	11 lb.in	12 lb.in
<i>Pressure closing cone</i>	2,5 bar	3 bar	3,5 bar

4. Pengumpulan data

Setelah faktor dan level faktor ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data. Data yang diambil adalah jumlah produk cacat dalam rentang produksi selama 1 jam. Dalam 1 jam, mesin memiliki kapasitas untuk menghasilkan produk sebanyak 25.000 unit. Untuk menentukan besar sampel yang digunakan maka digunakan rumus slovin seperti pada Rumus 2-9, yaitu:

$$n \geq \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Dimana:

n = jumlah sampel yang diperlukan

N = jumlah populasi

e = besarnya kesalahan yang diizinkan

Besar sampel yang digunakan yaitu:

$$n \geq \frac{25.000}{1 + (25.000)(0,05^2)}$$

$$n \geq 393,7$$

untuk memudahkan perhitungan maka jumlah sampel yang diambil adalah 400 unit AQUA botol 600 ml.

Setelah jumlah sampel ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan menggunakan desain eksperimen 2k, dimana terdiri dari 3 faktor (*seal* torsi, *band* torsi, dan *pressure closing cone*) dan 2 level (tinggi dan rendah) serta ditambahkan dengan 3 perlakuan pada titik pusat. Data jumlah produk cacat selama 1 jam produksi ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10
Data Jumlah Produk Cacat

Perlakuan	Kode			Variabel			Y (Jumlah Cacat)
	x ₁	x ₂	x ₃	Seal Torsi (x ₁)	Band Torsi (x ₂)	Pressure Closing Cone (x ₃)	
1	-1	-1	-1	6,5 lb.in	10,5 lb.in	2,5 bar	26
2	1	-1	-1	8,5 lb.in	10,5 lb.in	2,5 bar	31
3	-1	1	-1	6,5 lb.in	12 lb.in	2,5 bar	22
4	1	1	-1	8,5 lb.in	12 lb.in	2,5 bar	40
5	-1	-1	1	6,5 lb.in	10,5 lb.in	3,5 bar	6
6	1	-1	1	8,5 lb.in	10,5 lb.in	3,5 bar	16
7	-1	1	1	6,5 lb.in	12 lb.in	3,5 bar	33
8	1	1	1	8,5 lb.in	12 lb.in	3,5 bar	47
9	0	0	0	7,5 lb.in	11 lb.in	3 bar	38
10	0	0	0	7,5 lb.in	11 lb.in	3 bar	27
11	0	0	0	7,5 lb.in	11 lb.in	3 bar	20

Langkah berikutnya adalah menentukan model linear. Di awal akan ditentukan model orde pertama. Model orde pertama digunakan sebagai pendekatan untuk mencari daerah optimal. Untuk menentukan persamaan model orde pertama, maka dilakukan pengolahan data dengan bantuan *software* Minitab. *Output* hasil Minitab dapat dilihat pada Gambar 4.15.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,818	2,705	10,29	0,000
x1	5,875	3,171	1,85	0,106
x2	7,875	3,171	2,48	0,042
x3	-2,125	3,171	-0,67	0,524

S = 8,97028 R-Sq = 58,9% R-Sq(adj) = 41,3%

Gambar 4.15 *Output* Minitab persamaan model orde pertama

Sehingga diperoleh persamaan model orde pertama yaitu:

$$Y = 27,818 + 5,875x_1 + 7,875x_2 - 2,125x_3$$

5. Uji ketidaksamaan Model Orde Pertama

Uji ketidaksesuaian terhadap model orde pertama dilakukan sebagai dasar untuk melangkah ke arah wilayah titik optimum faktor. Uji ini bertujuan melihat kesesuaian model yang dibangun terhadap data yang digunakan. Hipotesis yang digunakan yaitu:

Hipotesis:

H₀: Variabel-variabel independen tidak mewakili model

H₁: Variabel-variabel independen mewakili model

Berikut Gambar 4.16 merupakan *output* Minitab ANOVA untuk model orde pertama.

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	808,38	269,46	3,35	0,085
Residual Error	7	563,26	80,47		
Lack of Fit	5	398,59	79,72	0,97	0,579
Pure Error	2	164,67	82,33		
Total	10	1371,64			

Gambar 4.16 Output Minitab ANOVA model orde pertama

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai $p\text{-value}=0,085$ lebih besar dari derajat signifikansi $\alpha = 5\%$ atau $0,05$ sehingga H_0 diterima. Artinya model orde pertama yang dibangun tidak sesuai dengan percobaan yang dilakukan karena variabel-variabel independen tidak mewakili model. Oleh karena itu dilanjutkan ke model orde kedua. Sebelum menentukan model orde kedua dilakukan tahap *steepest descent* yang bertujuan untuk menentukan titik *origin* pada model orde kedua.

6. Tahap Steepest Descent

Steepest descent adalah suatu prosedur pergerakan fungsi pada titik yang diberikan yaitu x dengan arah kemiringan negatif yang akan memberikan nilai maksimum lokal dari fungsi yang diminimasi. Prosedur perhitungan metode *steepest descent* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11

Prosedur Perhitungan Pergerakan Level pada Metode *Steepest Descent*

No.	Prosedur	x_1	x_2	x_3
1.	Perubahan relatif pada unit desain (b_i)	b_1	b_2	b_3
2.	Unit origin (1 unit desain)	$(A^{+1}-A^{-1})/2$	$(B^{+1}-B^{-1})/2$	$(C^{+1}-C^{-1})/2$
3.	Perubahan relatif pada unit origin	$(1)_1 * (2)_1$	$(1)_2 * (2)_2$	$(1)_3 * (2)_3$
4.	Perubahan per n pada variabel i (Δ)	$(3)_1 / (3)_1$	$(3)_2 / (3)_1$	$(3)_3 / (3)_1$

Keterangan:

A^{+1} = Nilai level tinggi *seal* torsi

A^{-1} = Nilai level rendah *seal* torsi

B^{+1} = Nilai level tinggi *band* torsi

B^{-1} = Nilai level rendah *band* torsi

C^{+1} = Nilai level tinggi *pressure closing cone*

C^{-1} = Nilai level rendah *pressure closing cone*

Perhitungan pergerakan level *steepest descent* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12

Perhitungan Pergerakan Level pada Metode *Steepest Descent*

No.	Prosedur	x_1	x_2	x_3
1.	Perubahan relatif pada unit desain (b_i)	5,875	7,875	-2,125
2.	Unit origin (1 unit desain)	1	1	0,5
3.	Perubahan relatif pada unit origin	5,875	7,875	-1,0625
4.	Perubahan per n pada variabel i (Δ)	1	1,34	-0,18

Langkah berikutnya adalah melakukan eksperimen *steepest descent*. Hasil dari eksperimen yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13

Pergerakan *Steepest Descent*

Pergerakan <i>steepest descent</i>	x_1	x_2	x_3	Y (Jumlah Cacat)
Level awal (<i>origin</i> = 0)	7,5	11	3	
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 1$	8,5	12,3	2,8	78
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 2$	9,5	13,6	2,6	91
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 3$	10,5	14,9	2,4	46
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 4$	11,5	16,2	2,3	19
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 5$	12,5	17,5	2,1	7
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 6$	13,5	18,8	1,9	22
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 7$	14,5	20,1	1,7	12
Pergerakan level ($0 + \Delta n$); $n = 8$	15,5	21,4	1,5	60

Dari hasil pengumpulan data yang telah dikumpulkan maka dapat ditentukan titik *origin* untuk penelitian selanjutnya yang bertujuan untuk membuat model orde kedua. Untuk $n=1$, percobaan dilakukan pada *seal* torsi (x_1) = 8,5 lb.in, *band* torsi (x_2) = 12,3 lb.in, dan *pressure closing cone* (x_3) sebesar 2,8 bar, dimana hasil percobaan menghasilkan produk cacat sebanyak 78 unit. Demikian seterusnya untuk percobaan berikutnya. Penentuan titik *origin* adalah berdasarkan pergerakan level yang memberikan jumlah cacat yang paling minimum yaitu pada pergerakan level pada $n = 5$, dimana $x_1 = 12,5$ lb.in; $x_2 = 17,5$ lb.in; dan $x_3 = 2,1$ bar.

7. Penentuan model orde kedua

Nilai faktor yang telah diketahui sebelumnya akan digunakan pada percobaan ini, dimana terlebih dahulu ditentukan level tertinggi dan level terendah dari setiap faktor dengan menggunakan acuan terhadap unit *origin*. Pengaturan nilai dari masing-masing faktor dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14

Nilai Faktor Setelah *Steepest Descent*

Faktor	-1	0	1
<i>Seal</i> Torsi (x_1)	11,5 lb.in	12,5 lb.in	13,5 lb.in
<i>Band</i> Torsi (x_2)	16,5 lb.in	17,5 lb.in	18,5 lb.in
<i>Pressure closing cone</i> (x_3)	1,6 bar	2,1 bar	2,6 bar

Di dalam *Central Composite Design* (CCD) terdapat *star points* (α) ditentukan oleh rumus: $\alpha = 2^{k/4}$. Pada penelitian ini $\alpha = 2^{3/4} = \pm 1,68$

Nilai α untuk masing-masing faktor dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15

Nilai α untuk Masing-Masing Faktor

α	<i>Seal</i> torsi	<i>Band</i> torsi	<i>Pressure Closing Cone</i>
1,68	14,2 lb.in	19,2 lb.in	2,9 bar
-1,68	10,8 lb.in	15,8 lb.in	1,3 bar

Contoh perhitungan nilai faktor *seal* torsi pada *star points* (α) adalah sebagai berikut:

- a. Nilai *starpoints* ($\alpha=1,68$) untuk *seal* torsi

$$\xi_i = x_i \left(\frac{\Delta_{x+10-1}}{2} \right) + x_{\text{origin}}$$

$$\xi_i = 1,68 ((13,5-11,5)/2) + 12,5$$

$$\xi_i = 1,68 (1) + 12,5$$

$$\xi_i = 1,68 + 12,5$$

$$\xi_i = 14,18 \text{ lb.in} \approx 14,2 \text{ lb.in}$$

- b. Level *star points* ($\alpha = -1,68$) untuk *seal* torsi

$$\xi_i = x_i \left(\frac{\Delta_{x+10-1}}{2} \right) + x_{\text{origin}}$$

$$\xi_i = -1,68 ((13,5-11,5)/2) + 12,5$$

$$\xi_i = -1,68 (1) + 12,5$$

$$\xi_i = -1,68 + 12,5$$

$$\xi_i = 10,82 \text{ lb.in} \approx 10,8 \text{ lb.in}$$

8. Setelah nilai dari faktor diketahui maka akan dilakukan pengumpulan data untuk pembuatan model orde kedua. Pengumpulan data ini adalah berdasarkan ketentuan perlakuan yang berlaku dalam *Central Composite Design* (CCD). Hasil dari pengumpulan data yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16

Hasil Pengumpulan Data Model Orde Kedua

Perlakuan	Kode			Variabel			Y (Jumlah Cacat)
	x_1	x_2	x_3	Seal Torsi (x_1)	Band Torsi (x_2)	Pressure Closing Cone (x_3)	
1	-1	-1	-1	11,5 lb.in	16,5 lb.in	1,6 bar	96
2	1	-1	-1	13,5 lb.in	16,5 lb.in	1,6 bar	79
3	-1	1	-1	11,5 lb.in	18,5 lb.in	1,6 bar	39
4	1	1	-1	13,5 lb.in	18,5 lb.in	1,6 bar	51
5	-1	-1	1	11,5 lb.in	16,5 lb.in	2,6 bar	20
6	1	-1	1	13,5 lb.in	16,5 lb.in	2,6 bar	18
7	-1	1	1	11,5 lb.in	18,5 lb.in	2,6 bar	24
8	1	1	1	13,5 lb.in	18,5 lb.in	2,6 bar	5
9	-1,68	0	0	10,8 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	36
10	1,68	0	0	14,2 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	20
11	0	-1,68	0	12,5 lb.in	15,8 lb.in	2,1 bar	33
12	0	1,68	0	12,5 lb.in	19,2 lb.in	2,1 bar	17
13	0	0	-1,68	12,5 lb.in	17,5 lb.in	1,3 bar	80
14	0	0	1,68	12,5 lb.in	17,5 lb.in	2,9 bar	46
15	0	0	0	12,5 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	36
16	0	0	0	12,5 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	56
17	0	0	0	12,5 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	39
18	0	0	0	12,5 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	43
19	0	0	0	12,5 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	51

Perla kuan	Kode			Variabel			Y (Jumlah Cacat)
	x ₁	x ₂	x ₃	Seal Torsi (x ₁)	Band Torsi (x ₂)	Pressure Closing Cone (x ₃)	
20	0	0	0	12,5 lb.in	17,5 lb.in	2,1 bar	47

Untuk menentukan persamaan model orde kedua, maka dilakukan pengolahan data dengan bantuan *software* Minitab. *Output* hasil Minitab dapat dilihat pada Gambar 4.17.

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	45,225	4,923	9,187	0,000
x1	-6,511	5,490	-1,186	0,263
x2	-14,883	5,490	-2,711	0,022
x3	-31,411	5,490	-5,721	0,000
x1*x1	-15,389	8,989	-1,712	0,118
x2*x2	-18,389	8,989	-2,046	0,068
x3*x3	19,611	8,989	2,182	0,054
x1*x2	4,234	12,046	0,351	0,733
x1*x3	-5,645	12,046	-0,469	0,649
x2*x3	26,813	12,046	2,226	0,050

Gambar 4.17 Output Minitab persamaan model orde kedua

Sehingga diperoleh persamaan model orde kedua yang diperoleh yaitu:

$$Y = 45,23 - 6,51x_1 - 14,88x_2 - 31,41x_3 - 15,39x_1^2 - 18,39x_2^2 + 19,61x_3^2 + 4,23x_1x_2 - 5,65x_1x_3 + 26,81x_2x_3$$

9. Uji Ketidaksamaan Model Orde Kedua

Uji ketidaksesuaian terhadap model orde kedua dilakukan sebagai dasar untuk melangkah ke arah wilayah titik optimum faktor. Uji ini bertujuan melihat kesesuaian model yang dibangun terhadap data hasil eksperimen. Terdapat 2 hipotesis, yaitu:

a. Model Linear

H₀: Variabel-variabel independen tidak mewakili model

H₁: Variabel-variabel independen mewakili model

b. Lack of fit (ketidaksesuaian model)

H₀: Model regresi cocok (tidak ada *lack of fit*).

H₁: Model regresi tidak cocok (ada *lack of fit*).

Berikut Gambar 4.18 merupakan *output* Minitab ANOVA untuk perhitungan uji ketidaksesuaian model orde kedua.

Analysis of Variance for Y						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	8704,0	8704,02	967,11	6,64	0,003
Linear	3	6045,9	6045,86	2015,29	13,83	0,001
x1	1	204,9	204,93	204,93	1,41	0,263
x2	1	1070,9	1070,88	1070,88	7,35	0,022
x3	1	4770,0	4770,04	4770,04	32,73	0,000
Square	3	1886,2	1886,17	628,72	4,31	0,034
x1*x1	1	440,9	427,09	427,09	2,93	0,118
x2*x2	1	751,7	609,83	609,83	4,19	0,068
x3*x3	1	693,5	693,54	693,54	4,76	0,054
Interaction	3	772,0	772,00	257,33	1,77	0,217
x1*x2	1	18,0	18,00	18,00	0,12	0,733
x1*x3	1	32,0	32,00	32,00	0,22	0,649
x2*x3	1	722,0	722,00	722,00	4,95	0,050
Residual Error	10	1457,2	1457,18	145,72		
Lack-of-Fit	5	1175,8	1175,85	235,17	4,18	0,071
Pure Error	5	281,3	281,33	56,27		
Total	19	10161,2				

Gambar 4.18 Output Minitab ANOVA model orde kedua

Berikut merupakan penjelasan dari hasil pengujian:

a. Model Linear

Dari hasil pengujian diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,003$ lebih kecil dari derajat signifikansi $\alpha = 5\%$ atau 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya model orde kedua yang dibangun sesuai karena variabel-variabel independen mewakili model.

b. Lack of fit (ketidaksesuaian model)

Pada lack of fit nilai $p\text{-value} = 0,071$ lebih besar dari derajat signifikansi $\alpha = 5\%$ atau 0,05 sehingga H_0 diterima. Artinya model regresi cocok karena tidak ada *lack of fit*.

10. Penentuan titik optimum faktor

Persamaan model orde kedua yang diperoleh yaitu:

$$Y = 45,23 - 6,51x_1 - 14,88x_2 - 31,41x_3 - 15,39x_1^2 - 18,39x_2^2 + 19,61x_3^2 + 4,23x_1x_2 - 5,65x_1x_3 + 26,81x_2x_3$$

$$b_1 + 2b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 = 0$$

$$-6,51 + 2(-15,39)x_1 + 4,23x_2 - 5,65x_3 = 0$$

$$2(-15,39)x_1 + 4,23x_2 - 5,65x_3 = 6,51$$

$$b_2 + b_{12}x_1 + 2b_{22}x_2 + b_{23}x_3 = 0$$

$$-14,88 + 4,23x_1 + 2(-18,39)x_2 + 26,81x_3 = 0$$

$$4,23x_1 + 2(-18,39)x_2 + 26,81x_3 = 14,88$$

$$b_3 + b_{13}x_1 + b_{23}x_2 + 2b_{33}x_3 = 0$$

$$-31,43 -5,65x_1 + 26,81x_2 + 2(19,61)x_3 = 0$$

$$-5,65x_1 + 26,81x_2 + 2(19,61)x_3 = 31,43$$

Sehingga diperoleh nilai $x_1 = -0,331$, $x_2 = 0,073$, $x_3 = 0,704$

Setelah titik level masing-masing faktor diketahui, maka selanjutnya adalah menentukan *setting* optimum dari faktor tersebut menggunakan interpolasi.

a. Nilai optimum untuk *seal* torsi

$$\xi_i = x_i \left(\frac{\Delta_{x+10-1}}{2} \right) + X_{\text{origin}}$$

$$\xi_i = -0,331 ((13,5-11,5)/2) + 12,5$$

$$\xi_i = -0,331 (1) + 12,5$$

$$\xi_i = -0,331 + 12,5$$

$$\xi_i = 12,169 \approx 12,2 \text{ lb.in}$$

b. Nilai optimum untuk *band* torsi

$$\xi_i = x_i \left(\frac{\Delta_{x+10-1}}{2} \right) + X_{\text{origin}}$$

$$\xi_i = 0,073((18,5-16,5)/2) + 17,5$$

$$\xi_i = 0,073 (1) + 17,5$$

$$\xi_i = 0,073 + 17,5$$

$$\xi_i = 17,573 \approx 17,6 \text{ lb.in}$$

c. Nilai optimum untuk *pressure closing cone*

$$\xi_i = x_i \left(\frac{\Delta_{x+10-1}}{2} \right) + X_{\text{origin}}$$

$$\xi_i = 0,704((2,6-1,6)/2) + 2,1$$

$$\xi_i = 0,704 (0,5) + 2,1$$

$$\xi_i = 0,352 + 2,1$$

$$\xi_i = 2,452 \approx 2,5 \text{ bar}$$

Jadi, dari *Response Surface Methodology* yang telah dilakukan maka diperoleh nilai optimum untuk *seal* torsi adalah sebesar 12,2 lb.in, nilai *band* torsi sebesar 17,6 lb.in, dan nilai *pressure closing cone* sebesar 2,5 bar.

4.6 Analisis dan Pembahasan

Pada penelitian ini, permasalahan yang dibahas adalah tingginya jumlah produk cacat yang dihasilkan selama proses produksi AQUA botol 600 ml di PT Tirta Investama (AQUA) Pandaan. Penelitian dilakukan pada *Line* 3 dikarenakan pada *Line* ini memiliki persentase cacat tertinggi yaitu sebesar 1,3152% lebih besar 0,8152% dari target yang ditetapkan perusahaan sebesar 0,5%. Penelitian difokuskan pada jenis cacat pada proses *capping* saja.

Perusahaan telah melakukan berbagai upaya untuk mengurangi tingkat produk cacat yang terjadi, akan tetapi upaya tersebut belum berjalan dengan maksimal. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengurangi tingkat cacat selama proses produksi menggunakan metode *Six Sigma*.

Metode *Six Sigma* yang dilakukan adalah dengan siklus DMAI. Pada tahap *Define*, dilakukan analisis SIPOC untuk mengetahui proses secara jelas mulai dari *supplier* hingga *customer*. Setelah itu dilakukan identifikasi *Critical to Quality* (CTQ) atribut, diantaranya adalah tutup botol terpasang dengan sempurna dan botol dalam keadaan baik. Kemudian dilakukan identifikasi cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml. Cacat tersebut terdiri dari tanpa tutup, tutup putus, tutup melipat luar, tutup kurang rapat, tutup miring, botol penyok dengan tutup, tutup melipat dalam, tutup cacat, dan botol penyok tanpa tutup.

Pada tahap *Measure* dilakukan pembuatan peta kontrol P. Dari peta kontrol P yang dibuat hanya terdapat 10 data yang berada dalam batas kendali dan 14 data yang berada diluar batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa proses belum stabil. Kemudian dilakukan perhitungan nilai DPMO dan level sigma. Nilai DPMO untuk cacat atribut pada proses *capping* ini adalah sebesar 4.426,3. Sedangkan level sigma bernilai 4,12. Selain itu juga dilakukan perhitungan kapabilitas proses. Nilai kapabilitas proses yaitu 1,37.

Pada tahap *Analyze*, dilakukan analisis diagram pareto untuk menentukan jenis cacat yang paling sering terjadi. Cacat yang paling sering terjadi yaitu cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat. Setelah itu dilakukan analisis penyebab cacat menggunakan diagram sebab akibat. Analisis penyebab permasalahan dilakukan terhadap faktor manusia, mesin, material, dan metode. Berdasarkan analisis diagram sebab akibat diketahui penyebab cacat yang bersifat potensial. Analisis potensi kegagalan dilakukan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dari analisis FMEA diperoleh prioritas perbaikan permasalahan berdasarkan nilai RPN tertinggi dari setiap jenis cacat. Pada jenis cacat tanpa tutup, nilai RPN tertinggi sebesar 560 yaitu dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan dan nilai RPN 540 yaitu *Pressure closing cone* terlalu rendah. Pada jenis cacat tutup putus, nilai RPN tertinggi sebesar 560 yaitu tutup botol sudah putus dari *supplier* dan nilai RPN sebesar 540 yaitu proses *capping* terlalu kuat. Pada jenis cacat tutup miring, nilai RPN tertinggi sebesar 560 yaitu dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan dan nilai RPN sebesar 540 yaitu proses *capping* kurang kuat. Pada jenis cacat tutup kurang rapat, nilai RPN tertinggi sebesar 560 yaitu dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan, nilai RPN sebesar 540 yaitu tekanan dari *capper* kurang kuat dan nilai RPN sebesar 540 yaitu proses *capping* kurang kuat.

Tahap *Improve* merupakan tahap terakhir dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengatasi permasalahan produk cacat. Rekomendasi perbaikan yang dilakukan adalah melakukan inspeksi material tutup botol secara keseluruhan dengan menggunakan mesin inspeksi otomatis. Rekomendasi kedua yang diberikan adalah menentukan setting parameter mesin yang optimal menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Hasil RSM yang telah dilakukan maka diperoleh nilai optimum untuk *seal* torsi adalah sebesar 12,2 lb.in, nilai *band* torsi sebesar 17,6 lb.in, dan nilai *pressure closing cone* sebesar 2,5 bar.



BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bab terakhir yang berisi mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian beserta saran yang diperlukan baik bagi perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan menggunakan metode *Six Sigma*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses *capping* AQUA botol 600 ml terdiri dari dua *Critical to Quality* (CTQ) yaitu tutup botol terpasang dengan sempurna dan botol dalam keadaan baik. Tutup botol terpasang memiliki spesifikasi yaitu tutup botol tertutup dengan rapat, *neck* tutup botol tidak putus, *bridge* tutup botol tidak putus, tutup botol tidak miring, tutup botol tidak ada goresan, tutup botol tidak melipat luar dan dalam. Sedangkan botol dalam keadaan baik memiliki spesifikasi dimana botol tidak penyok dengan tutup dan botol tidak penyok tanpa tutup.
2. Nilai *Defect per Million Opportunities* (DPMO) untuk cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml adalah sebesar 4.426,3 artinya dalam satu juta kesempatan akan terdapat 4.426,3 peluang bahwa produk akan mengalami cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml. Sedangkan untuk level sigma nya adalah 4,12.
3. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya cacat pada proses *capping* AQUA botol 600 ml dicari dengan diagram sebab akibat dan untuk menentukan prioritas faktor penyebab yang diberikan rekomendasi perbaikan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Berdasarkan hasil tabel FMEA yang telah dibuat, nilai RPN tertinggi dari keempat jenis cacat yaitu cacat tanpa tutup, tutup putus, tutup miring, dan tutup kurang rapat seluruhnya disebabkan oleh *setting* parameter proses yang kurang optimal. Cacat tanpa tutup disebabkan oleh dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan dan *pressure closing cone* terlalu rendah. Tutup putus disebabkan oleh tutup botol sudah putus dari *supplier* dan proses *capping* terlalu kuat. Tutup miring disebabkan oleh dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan dan proses *capping* kurang kuat. Tutup kurang rapat disebabkan oleh dimensi tutup botol tidak sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan, proses *capping* kurang kuat, dan tekanan

dari *capper* kurang kuat. Dari keempat jenis cacat tersebut seluruhnya disebabkan oleh *setting* mesin yang kurang optimal dan material tutup botol tidak sesuai standar.

4. Rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah melakukan inspeksi material tutup botol secara keseluruhan dengan menggunakan mesin inspeksi otomatis. Rekomendasi kedua yang diberikan adalah menentukan *setting* parameter mesin yang optimal menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Hasil RSM yang telah dilakukan maka diperoleh nilai optimum untuk *seal* torsi adalah sebesar 12,2 lb.in, nilai *band* torsi sebesar 17,6 lb.in, dan nilai *pressure closing cone* sebesar 2,5 bar.

5.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat diberikan untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan menerapkan rekomendasi perbaikan yang diberikan yaitu dengan melakukan inspeksi material tutup botol secara keseluruhan dengan mesin inspeksi otomatis dan melakukan *setting* parameter mesin sesuai hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan setelah melakukan *setting* parameter mesin dari hasil penelitian ini, maka dilanjutkan penelitian sampai tahap DMAIC agar dapat diketahui peningkatan level sigma setelah menerapkan perbaikan tersebut.
3. Perbaikan selanjutnya dapat difokuskan menggunakan metode *Six Sigma* pada cacat variabel atau cacat pada proses lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas*. Yogyakarta: Andi
- Assauri, Sofyan. 1993. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
- Bothe, Keki R. & Bhote, Adi K. 2000. *World Class Quality Using Design of Experiments to Make it Happen*. New York: American Management Association
- Fridyawati, Setyanto, & Efranto. 2015. Analisis Pengendalian Kualitas Pada Defect Produk Kemasan Kaleng Dengan Metode Six Sigma (Studi Kasus: PT Kedaung Indah Can, Tbk). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol. 3, No. 5 (2015)
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA & HACCP*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Harry, M. Dan Schroeder, R. 2000. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Corporations*. New York: Currency Doubleday
- Heizer, Jay and Barry Rander. 2006. *Operations Management (Manajemen Operasi)*. Jakarta: Salemba Empat
- Jasfar, Farida. 2005. *Manajemen Jasa Pendekatan Terpadu*. Bogor: Ghalia Indonesia
- Montgomery, Douglas C. 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjahmada University Press
- Montgomery, Douglas C. 2001. *Design and Analysis of Experiments*. Singapura: John Wiley and Sons
- Pande, P. S. 2002. *The Six Sigma Way*. Yogyakarta: Andi
- Park, S. H. 2003. *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion*. Tokyo: Asian Productivity Organization
- Purnomo, Hari. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Rahman, Novareza, & Himawan. 2016. Analisis Hasil Identifikasi Cacat Pada Produk Holder Motor dengan Metode Six Sigma-TRIZ. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol.4, No.8 (2016)
- Russel, R. S. Taylor, B. W. III. 1996. *Production and Operations Management: Focusing on Quality and Competitiveness*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Sari, Setyanto, & Andriani. 2016. Upaya Pengurangan Defect Pada Proses Mesin Flexo Produk Corrugated Carton Box Dengan Menggunakan Six Sigma. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol.4, No. 9 (2016)
- Sugiyono. 2012 *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sukmadinata, Nana Syaodih. 2006. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosda Karya
- Syukron, Amin & Kholil, Muhammad. 2012. *Six Sigma Quality for Business Improvement*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Tjiptono, Fandy dan Anastasia Diana. 2001. *Total Quality Management*. Yogyakarta: Andi offset



Halaman ini sengaja dikosongkan